DIE HEILUNG

DER

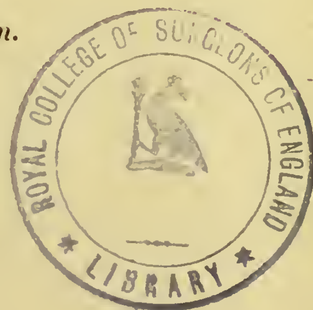
KNOCHENBRÜCHE

PER PRIMAM INTENTIONEM

VON

D[R.] AUGUST VOETSCH.

Mit fünf lithographirten Tafeln.





HEIDELBERG.
AKADEMISCHE VERLAGSHANDLUNG VON C. F. WINTER.
1847.

Inhalt.

	Seite.
Geschichtlicher Ueberblick	1
I. Darstellung des Heilungsprozesses nach eigenen Untersuchungen .	6
Anhang: Modifikationen des Heilungsprozesses.	
1. Verhalten der Callusbildung bei bedeutender Dislokation der Bruchenden . .	11
2. Verhalten der Callusbildung in Gliedern, welche zwei Knochen enthalten . .	12
3. Verhalten des Callus bei Störung der Heilung durch einen neuen Bruch durch denselben	13
4. Knochenneubildung nach Resektion	18
II. Historische Verfolgung der Callusbildung	21
1. Veränderungen in den Weichtheilen bis zum Auftreten des den Callus bildenden Exsudats	21
2. Organisation dieses Exsudats	
A. in Knorpel und Knochen	22
Theorie der Knochenelemente	28
B. in Zellgewebe	30
Zeitfolge der Verknöcherung iu den einzelnen Theilen des Callus	31
3. Substantia intermedia	32
III. Theorie der Callusbildung	34
1. Ursprung des verknöchernden Exsudats	35
2. Ist ein provisorischer und definitiver Callus zu unterscheiden?	38

Vorwort.

Die Heilung der Knochenbrüche per primam intentionem ist schon häufig der Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen geworden und hat zuletzt durch Miescher's Arbeit besonders eine Erledigung gefunden, welche bisher wenigstens in Deutschland fast allenthalben als abschliessend angesehen wurde. Es dürfte desshalb auffallend erscheinen, in der vorliegenden Arbeit diesen Gegenstand nochmals zur Sprache gebracht zu sehen.

Gegen die Miescher'sche Ansicht müssen aber bei genauerer Prüfung derselben nothwendig Zweifel rege werden, denn wir finden überall, dass Heilung von Verwundungen und Narbenbildung auf so einfachem Wege zu Stande gebracht wird, dass eine so complizirte und gekünstelte Darstellung wie die Miescher'sche den Eindruck hervorrufen muss, als könne sie unmöglich eine naturgemässe seyn. Mussten nun schon diese Zweifel zu neuer Untersuchung des Gegenstandes auffordern, so lag noch ein neues Moment für die Nothwendigkeit derselben in den neuen Gesichtspunkten, unter welchen die jüngsten Fortschritte der Wissenschaft die pathologischen Prozesse ansehen lernen. Seit der Miescher'schen Arbeit hat das Mikroskop eine vorher kaum geahnte Wichtigkeit wie in den physiologischen so in den pathologischen Forschungen erlangt. Es genügt jetzt nicht mehr, die Veränderungen zu beschreiben, welche man mit blossem Auge oder allenfalls mit der Loupe erkennen kann; man macht jetzt auch Ansprüche daran, durch Hülfe des Mikroskops das Verhalten der Gewebtheile in den verschiedensten pathologischen Prozessen kennen zu lernen. Eine histologische Verfolgung der Knochenneubildung in dem Callus musste demnach als zeitgemässe Aufgabe erkannt werden, und ich musste mich um so mehr zu dieser Arbeit aufgefordert fühlen, als mir dadurch die Aussicht geboten wurde, bei dieser Gelegenheit Aufschlüsse über die seither noch nicht genügend erkannte Bedeutung und Entwicklung

der bekannten Knochenelemente zu bekommen. Im Verlaufe der Arbeit bekan ich über den oben berührten Gegenstand so viele Aufschlüsse, dass ich dadurc veranlasst wurde, die Metamorphose der Knorpelelemente im Verknöcherungsprozess auch in andern verknöchernden Knorpeln zu untersuchen. Die Verfolgun der Entstehung der Knochenelemente von dem ersten Auftreten des Kerns de Knorpelzelle an bis zur vollendeten Ausbildung des Knochens bildet desshal einen zweiten, wesentlichen Theil dieser Untersuchungen.

Die Zahl der Versuche, welche ich angestellt habe, beläuft sich über hundert. Dieselben wurden an den Extremitäten sowohl von Vierfüsslern, wie Katzen Meerschweinchen, Kaninchen, als auch und meistentheils von Tauben vorgenommen, wobei ich bemerke, dass sämmtliche Thiere ohne Verband gelassen wurden. Zugleich bot mir mein Aufenthalt in Zürich, wo diese Versuche angestellt wurden, auch Gelegenheit, die Präparate von Knochenbrüchen des Menschen, welche die pathologisch-anatomische Sammlung daselbst besitzt, zur Vergleichung zu benützen.

Obgleich meine in der vorliegenden Arbeit ausgesprochene Ansicht in sehr wesentlichen Punkten von der seither herrschenden abweicht, so glaube ich dieselbe doch hinlänglich begründet durch die Resultate meiner zahlreichen Versuche und durch die genaue histologische Untersuchung der durch dieselbe gewonnenen Präparate. Ich habe in einem besonderen Abschnitte, welcher die Vergleichung meiner Resultate mit den Miescher'schen enthält, meine Ansicht noch mehr zu begründen und die Unhaltbarkeit der seither angenommenen darzulegen gesucht.

Zürich im November 1846.

A. Voetsch.

Erklärung der Tafeln.

Taf. I.

**Durchschnitte in der Heilung begriffener Knochenbrüche von Thieren in natürli-
her Grösse.**

Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von Fig. 25, betreffen Extremitäten von Tauben, und zwar, ausser den Figg. 7, 8, 11 und 20, den Humerus derselben. Nur die Fig. 12 zeigt sämmtliche Weichtheile erhalten; die Beinhaut ist nur da, wo es nöthig schien, mit in die Zeichnung aufgenommen.

*I. Fig. 1. Schematische Figur. Längsdurchschnitt eines gebrochenen Knochens im Stadium der begin-
enden Verknöcherung des Callus. (Vergl. Seite 10.)*

a. Durchschnitt des normalen Knochens.

b. Markhöhle.

c. Beinhaut.

d. Erstes Auftreten der Verknöcherung zunächst der Stelle, wo Beinhaut und Knochen noch in Zusammenhang geblieben sind. Markkanälchen darin, welche dieselbe Richtung haben wie f und f'.

e. Lamelle neugebildeter, aber später als d auftretender Knochensubstanz.

f. Streifen, welche von der innern Peripherie der noch knorpligen Calluskapsel nach der Beinhaut hin senkrecht verlaufen.

f'. Verknöcherung längs dieser Streifen auf der linken, ein weiter vorgeschrittenes Stadium bezeichnenden, Seite.

g. Raum zwischen und um die Bruchenden, oft mit Blutkoagulum (Substantia intermedia) ausgefüllt.

II. Figg. 2—10. Callusbildung bei normaler Richtung des Glieds oder bei nur geringer Dislokation und ohne bedeutendere Störung im Verlauf der Heilung.

Fig. 2.

Bruch von 6 Tagen. Callus noch ganz knorplig, nur zunächst den Bruchenden bereits Verknöcherung.
eifen von der innern Peripherie des Callus nach der Beinhaut. Zwischen den Bruchenden Blutkoagulum. In der
rkhöhle des untern Fragments gleichfalls bereits Knochenneubildung.

Fig. 3.

Bruch von 8 Tagen.

Fig. 4.

Bruch von 10 Tagen. — Callus in beiden Figuren zum grössten Theil noch knorplig. Zunächst den Bruch-
len Verknöcherung, welche sich fast allenthalben bis zu den Bruchrändern erstreckt; aus ihr zieht sich eine
tsetzung in Form einer dünnen, mit der Beinhaut parallel laufenden Knochenlamelle durch den Knorpel hindurch,

bei Fig. 3 mit ähnlichen, von hier abgehenden Streifen, wie in den vorigen Figuren. Bei Fig. 4 innerer Callus sehr entwickelt, verknöchert, im oberen Fragment die Markhöhle total verschliessend.

Fig. 5.

Bruch von 16 Tagen. Callus ganz verknöchert. Auf der linken Seite ein Knochensplitter von der neugebildeten Knochenmasse allenthalben fest umschlossen. Im äusseren Callus beginnende Erweiterung der Markkanäle welche im innern Callus schon bedeutende Fortschritte gemacht hat, besonders im oberen Fragment zunächst dessen Bruchenden.

Fig. 6.

Bruch von 30 Tagen. Callus durchweg verknöchert, alle Räume zwischen den dislozirten Bruchenden gleichmässig ausfüllend.

Figg. 7 und 8.

Bruch der Ulna von 25 Tagen. Callus verknöchert, den Raum zwischen den wenig verschobenen Fragmenten ausfüllend.

Fig. 9.

Bruch von 40 Tagen.

Fig. 10.

Bruch von 24 Tagen. Callus mit bedeutender Erweiterung der Markkanäle.

III. Fig. 11. Durchschnitt eines vor 8 Tagen resezirten Radius.

a. a'. Knorpel.

b. Anders gefärbte, weichere Substanz, durchweg aus denselben Elementen gebildet, welche Taf. II. Fig. 4 abbildet.

c. Neugebildete Knochensubstanz.

d. Höhle, mit Blutkoagulum gefüllt.

e. Isolirter Knochenpunkt.

Die genauere Beschreibung s. Seite 18.

IV. Figg. 12—18. Brüche, welche in Folge bedeutenderer Dislokation der Bruchenden oder anderweitiger ungünstiger Einflüsse während der Heilung mehr oder weniger Abweichung von den in den vorigen Figuren dargestellten einfachen Verhältnissen zeigen.

Fig. 12.

3 Tage alter Bruch

a. Muskeln.

b. Beinhaut.

c. Neugebildete Knochensubstanz zunächst den Fragmenten.

d. Blutkoagulum.

Figg. 13 und 14.

6 Tage alter Bruch.

a. Wahrer Knorpel.

b. Dasselbe wie Fig. 11. b.

c. c'. Neugebildete Knochensubstanz.

d. Raum zunächst um die Bruchränder, Blutkoagulum enthaltend.

Fig. 15.

10 Tage alter Bruch.

a. b. c. d wie in den vorigen 2 Figuren.

e. In die Höhle des obern Fragments eingetriebener Knochensplitter.

Fig. 16.

15 Tage alter Bruch.

a. Letzte Reste des Knorpels.

b. Höhle, welche als fistulöse Oeffnung durch die nekrosirten Weichtheile sich fortsetzte.

Figg. 17 und 18.

Bruch von 40 Tagen. Auf der rechten Seite der Fig. 18. zwischen beiden Fragmenten ein von glatten knöchernen Wänden ausgekleideter Canal, welcher durch eine eingeklemmte Falte der Beinhaut ausgefüllt war.

V. Figg. 19—25. Brüche, welche im Verlauf der Heilung durch den Callus hindurch wiederholt, theils künstlich theils zufällig gebrochen wurden.

Fig. 19.

Bruch künstlich hervorgerufen.

a. Aelterer, verknöcherter Callus.

b. Neue, noch knorplige Callusmasse, den ganzen Raum zwischen den Fragmenten ausfüllend.

Fig. 20.

30tägiger, künstlich wiedergebrochener Callus der Ulna.

a. b. wie in der vorigen Figur.

Fig. 21.

Künstlich wiedergebrochener Callus.

a, a' Aelterer Callus von 73 Tagen.

b, c Jüngerer Callus von 12 Tagen.

b. Neugebildete Knochensubstanz.

c. Knorpel.

d. Höhle.

Vergl. Seite 14.

Fig. 22.

11tägiger Bruch.

a, a', a'' Aelterer, verknöcherter Callus.

b, b' jungerer, verknöcherter Callus.

c. Knorpel.

d. Höhle.

Vergl. Seite 15.

Figg. 23 und 24.

Künstlich wieder gebrochener Callus (nach aufgetrockneten Präparaten gezeichnet). Zwischenräume zwischen dem zerrissenen früheren und schon verknöcherten Callus mit Knorpelmasse ausgefüllt.

Fig. 25.

38 Tage alter Bruch der Tibia einer jungen Katze.

Vergl. Seite 16.

Die histologischen Abbildungen der Taf. II—V sind meistens bei 280facher Vergrösserung gezeichnet.

Taf. II.

Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von Fig. 2, sind den gebrochenen Extremitäten von Tauben entnommen.

Fig. 1.

Entzündungskugeln mit oder ohne eingeschlossene Blutkörperchen aus der Beinhaut und der Substantia intermedia. Die gelbröthliche Färbung der kleineren, welche ungefähr von gleicher Grösse sind wie die Blutkörper-

chen, rechtfertigt die Vermuthung, dass diese nicht wie die grösseren durch Fettagglomeration mit oder ohn Blutkörperchen entstanden, sondern metamorphosirte Blutkörperchen selbst seyen.

Fig. 2.

Zellen aus der Substantia intermedia eines 11 Tage alten Bruchs einer jungen Katze, wahrscheinlich Zelle des normalen Marks.

Fig. 3.

Verschieden geformte Haufen von Fetttröpfchen aus der Substantia intermedia eines 2 Tage alten Bruch einer Taube. (In der Entstehung begriffene Entzündungskugeln?)

Fig. 4.

Spindelförmige Zellen aus der entzündeten Beinhaut.

Fig. 5.

Schnitt durch den der Beinhaut zunächst gelegenen Theil des jungen Callus einer jungen Taube, in radiale Richtung auf die Längenaxe des Glieds geführt. Auf der Seite der Beinhaut sieht man in undeutlichen Umrisse die Spindelzellen der vorigen Figur, auf der andern Seite junge Knorpelzellen, in der dazwischen gelegenen Mass erkennt man als einzige Spur der Organisation nur undeutlich sichtbare, an einzelnen Stellen jedoch schärfer her vortretende Kerne.

Fig. 6.

Erstes deutliches Auftreten der Kerne der künftigen Knorpelzellen mit deutlich sichtbarem Kernkörper.

Figg. 7 und 8.

Weiter entwickelte Kerne der Knorpelzellen.

Fig. 9.

Kerne der Knorpelzellen mit körnigem Inhalt.

Fig. 10.

Dichtgedrängte Masse von Kernen der Knorpelzellen von verschiedenen Grössen: vom untern Rand de Präparats gegen den obern zu nehmen dieselben allmälig an Grösse zu; in den meisten ist der Kernkörper sicht bar; am untern Ende des Präparats hat die Bildung einer Membran um einzelne Kerne begonnen.

Fig. 11.

Weiter vorgeschrittenes Stadium. Die Kerne der Knorpelzellen, in welchen kaum mehr Kernkörper zu un terscheiden sind, zeigen sich von einer Zellmembran umschlossen. Die Kerne selbst sind gegen die rechte Seit des Präparats hin schärfer umschrieben.

Figg. 12 und 13.

Dichtgedrängte Häufung junger Knorpelelemente. In Fig. 13 lassen sich deutlich vereinzelte Kerne un mit Zellmembranen umgebene Kerne erkennen, während Fig. 12 fast nur aus jungen Zellen gebildet scheint.

Fig. 14.

Maschennetz, gebildet theilweise durch die Interzellularsubstanz allein, theilweise durch diese und die m ihr verbundene Zellmembran. Herausgefallene Kerne und kleinere Zellen (?) frei daneben.

Taf. III.

Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von Fig. 8, aus dem Callus von Tauben.

Fig. 1.

Knorpelzellen, deren Wandung mit der Interzellularsubstanz verschmolzen ist, so dass nur die innere Ober fläche der Zellwandung sich durch eine scharfe Linie abgränzt.

Fig. 2.

Vermengung von fasrigen Elementen mit Knorpelelementen.

Fig. 3.

Knorpelzellen mit verdickter, nicht mit der Interzellularsubstanz verschmolzener Wandung, viele ohne Kerne, ndere mit (verschrumpften) Kernen. Auf der untern Seite der Fig. ist eine der Zellen von der Interzellularsubtanz losgelöst.

Fig. 4.

Zwei isolirte Knorpelzellen derselben Art.

Fig. 5.

Knorpel (von ungefähr derselben Entwicklungsstufe wie in Taf. II. Fig. 11.), in welchem einige Zellen mit wei Kernen sichtbar sind.

Fig. 6.

Schnitt durch Beinhaut und Knorpel (ähnlich wie Taf. II. Fig. 5., nur eine spätere Entwicklungsstufe). echts deutliche, der Beinhaut zugehörige Fasern, links Verknöcherungsrand, und zunächst demselben deutliche norpelelemente; in der Mitte zwischen diesen und den Beinhautfasern verwischt sich durch allmäligen Uebergang er Charakter der Elemente so sehr, dass nur noch langgestreckte Kerne von unbestimmter Natur sichtbar sind

Figg. 7, 8 und 9.

eigen den Anfang der Verknöcherung.

Fig. 7.

Feinkörnige Ablagerung auf der innern Oberfläche der Wandung der Knorpelzellen, wodurch dieselbe leicht ranulirt erscheint.

Fig. 8.

Stück aus einem verknöchernden Schildknorpel des Menschen, in welchem dasselbe wie in Fig. 7., nur in inem etwas vorgerückteren Stadium, sichtbar ist. Auch in der Interzellularsubstanz zeigen sich bereits körnige blagerungen.

Fig. 9.

Weiter vorgeschrittene Verknöcherung; die feinkörnige Ablagerung ist zu grösseren Körnern verschmolzen. n einigen Zellen finden sich noch die Kerne.

Taf. IV.

Fig. 1.

Aus dem Callus einer Taube. Ringförmige Anhäufung grobkörniger Massen um die Reste der Höhlen der norpelzellen.

Fig. 2.

Aus einem verknöchernden Rippenknorpel des Menschen. — Bildung der Kalkkanälchen.

Fig. 3.

Aus einem verknöchernden menschlichen Schildknorpel. — Mehr oder weniger vollständig verknöcherte norpelzellen.

Fig. 4.

Aus dem Callus einer Taube. — Vorgerücktere Ausbildung der Kalkkanäle.

Fig. 5.

Isolirte Knochenzellen von verschiedenen Stadien, aus dem Callus von Tauben.

Fig. 6.

Zellen aus den steinigen Concrementen einer Birne.

Taf. V.

Fig. 1.

Siehe Nachtrag.

Fig. 2.

In der Verknöcherung begriffene Knorpelzellen aus dem Verknöcherungsrand zwischen Epiphyse und Dia-physe des Oberschenkels einer jungen Katze.

Fig. 3.

Aus dem Callus einer Taube. Durchschnitt eines Markkanals, Verknöcherung der zunächst gelegenen Knor-pelzellen.

Fig. 4.

Aus einem Längenschliff eines Pferdezahns. Knochenkörperchen mit zum grössten Theil isolirten Knochen-zellen am Rand des Cäments gegen den Schmelz. In einer der Knochenzellen zeigen sich neben dem grösseren deutlich sichtbaren Knochenkörperchen zwei kleinere, undeutlichere.

Nachtrag.

Nach Vollendung gegenwärtiger Arbeit beobachtete H. Prof. Kölliker bei der Untersuchung rhachitischer Knochen eine Art des Uebergangs der Knorpel — in Knochenelemente, welche mit der von mir gefundenen vollständig übereinstimmte. Da jedoch der Verknöcherungsrand dieser Knochen auf eine überraschend schöne Weise alle die verschiedenen beschriebenen Stadien der Verknöcherung auf Einem Schnitte neben einander erkennen lässt, so hatte derselbe die Güte, mir diese Beobachtung zur Benutzung zu überlassen, und ich freue mich, in Fig. 1. Taf. V. noch eine Abbildung des angegebenen Verhältnisses beifügen zu können.

Man sieht an dem untern Rand des Präparats noch deutliche Knorpelzellen, zum Theil mit verdickter Wandung, welche gegen den obern Rand hin allmälig zu Knochenzellen sich umgestalten, die frei in einer durchsichtigen Interzellularsubstanz gelagert sind. In manchen Knorpelzellen findet man Tochterzellen, deren jede für sich den Verknöcherungsprozess durchläuft, und es wird dadurch zugleich eine Erklärung für das bei Fig. 4. Taf. V. erwähnte Vorkommen mehrerer Knochenkörper in Einer Knochenzelle gegeben.

Geschichtlicher Ueberblick.

Nachdem über die Heilung der gebrochenen Knochen bis gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts e Ansicht Galen's als die einzige dagestanden hatte, nach welcher die Vereinigung gebrochener Knochen irch dazwischengelagerten Callus geschehe, gleichsam einen Leim, der um die Bruchränder herwachse und is der überschüssigen Nahrung des gebrochenen Knochens selbst sich hervorbilde: — drängten sich von je-em Zeitpunkte an in rascher Reihenfolge die widersprechendsten Meinungen über den Antheil, den die ver-hiedenen Gewebe der Umgebung des Bruchs vom Augenblick der Continuitätstrennung bis zur vollendeten eilung nehmen, und über die Veränderungen, welche sie in dieser Zeit erleiden. Es wurde der ganze Prozess ıld als ein besonderer, im normalen Leben kein Analogon findender, aufgefasst, bald nur als eine durch ıssere Veranlassung gegebene, modifizirte Wiederholung der normalen Entwicklung des Knochens geltend emacht.

Geschichtlicher Ueberblick.

Von sämmtlichen Forschern wurde indess angenommen, dass, sobald ein Knochenbruch erfolgt sey, der rguss einer Flüssigkeit auftrete, über deren Ursprung, Natur und weitere Schicksale aber die Ansichten sehr etheilt waren. Während es die Einen bei dem einmaligen Erguss einer Flüssigkeit überhaupt bewenden essen und dafür (indem sie es theils als solches wirklich erkannten, theils aber sich um die Eigenschaften ıd den Ursprung desselben nicht bekümmerten) bald das aus den zerrissenen Gefässen ergossene Blut, bald gentliches Exsudat und Entzündungsprodukt von irgend woher in Anspruch nahmen: nahmen dagegen Andere ı, dass zu verschiedenen Zeiten Erguss von verschiedenen Flüssigkeiten um die Fraktur erfolge, welche bei r Heilung eine mehr oder weniger wesentliche Rolle spielten, und wollten in dem gleich nach dem Bruch folgenden Austreten von Flüssigkeit nur ein Blutextravasat erkennen. Dieses sollte entweder keinen weiteren nfluss auf die Callusbildung üben und durch Resorption allmälig verschwinden, oder aber sollte dasselbe, enn nicht eine Hauptrolle spielen, wie unter Andern Hunter, Meckel wollen, (die dieses Blut sich orga-siren und die Grundlage des Callus bilden lassen), gleichwohl nicht unbedeutenden Veränderungen unter-orfen und für die Heilung von Bedeutung seyn.

Es erscheint zweckmässig, bei Erörterung der verschiedenen Theorieen über Heilung der Knochenbrüche vei Perioden zu unterscheiden.

In der ersten gilt die Callusbildung als das Produkt entweder Eines Organs allein, oder aber, enn auch als Resultat des Zusammenwirkens verschiedener Gewebe, so doch durch gleichzeitige Thätigkeit erselben gegeben, sie erscheint als Ein Akt, der mit der erreichten Verknöcherung des Callus vollendet . — Zwei Ansichten sind es hauptsächlich, die in Hinsicht auf den Ursprung des Callus sich entgegen-ıten, wie wir diesen Streit selbst bis in die neueste Zeit fortgeführt finden. Während nämlich nach r einen Ansicht die Weichtheile allein dem Callus seine Entstehung geben, soll diese nach der andern dem ıochen zuzumessen seyn. — Beiderlei Meinungen zählten zahlreiche, zum Theil leidenschaftliche, Vertheidiger. dess scheint es, dass bei manchen derselben nicht sowohl verschiedene Deutung derselben Objekte, als viel-ehr der Umstand die Ansichten bestimmte, dass nicht unterschieden wurde zwischen der Heilung der Knochen-

brüche per primam und jener per secundam intentionem, und es finden ohne Zweifel nur darin die so abwe chenden Resultate von Bonn, van Heekeren, sowie von Scarpa, Leveillé, Boyer, Richeran und Bichat ihre Erklärung. — Als Vorkämpfer jener beiden Partheien aber traten Du Hamel und A brecht Haller auf.

Du Hamel suchte im Jahr 1742 die Uebereinstimmung der Bildung der Knochen überhaupt mit d Callusbildung bei gebrochenen Knochen nachzuweisen; er liess den Callus auf die Weise sich bilden, da sowohl das äussere als das innere Periost anschwelle, härter werde und verknöchere; der Knochen selbst soll zur Callusbildung nicht beitragen.

Seine Ansicht theilten Fougeroux, Schwenke und A. Nach Marrigues sollten die inne Schichten des Periosts und der Markhaut erweitert, ihre Zwischenräume vergrössert werden, und in diese sic erdige Substanz ablagern. Zugleich wies er, durch Darstellung des Knorpels aus dem Callus mittelst Salzsäur die ohnedem von Haller anderwärts selbst widersprochene Ansicht desselben zurück, dass der Callus ein u organisches Concrement sey.

Blumenbach liess den Callus aus einem erst weichen und gallertigen, allmälig knorplig und zulet knöchern werdenden Exsudat aus den zerrissenen Gefässen der Beinhaut entstehen.

Koeler schreibt den Erguss der genannten gallertigen Masse, als der Grundlage des künftigen Callu theilweis dem Knochen, theilweis der Beinhaut zu; glaubt aber, dass unter Umständen, wo vermöge der b sondern Beschaffenheit des Bruches aus den Bruchenden selbst nicht exsudirt werden könne, der Callus aufan nur aus dem Erguss des Periosts sich bilde.

Macdonald suchte das Bildungsmaterial für den Callus im Blut, und seine hauptsächliche Bildung stätte im Periost; unter ihm werde Blut ergossen, welches gerinne, nachher seine Farbe verliere und ve knöchere.

Troja erkennt in der Beinhaut das Organ, in dem das flüssige Material zur Bildung von Knochensu stanz bereitet wird, aber sie selbst soll nicht verknöchern; doch gibt er später zu, dass das Periost, obsch nur zufällig, selbst verknöchern könne, wenn es mit später verknöchernder Gallerte angefüllt werde.

Boettcher erklärte sich die Callusbildung auf doppelte Weise: es solle das eine Mal Knochenmasse die Schichten des Periosts sich ergiessen, das andre Mal aus den Gefässen der Bruchenden gallertige Masse e sudiren, worin sich Gefässe bilden, und diese zuletzt knöchern werden; doch gibt er die Bedingungen nic an, unter denen das Eine oder das Andere stattfinden soll.

Von den Genannten abweichend hatten sich vor Du Hamel die Früheren, Galen's Ansicht folgen die Bildung des Callus so vorgestellt, dass derselbe aus einem ausgeschwitzten und geronnenen „Succus os ficus" hervorgehe; so behauptete z. B. Boerhave, an allen Punkten des gebrochenen Knochens werde Kno pel exsudirt, der sofort verknöchere. — Ehe noch Du Hamel mit seiner neuen Ansicht aufgetreten war, hat Petit die Ansicht aufgestellt, dass die Vernarbung der Knochen auf dieselbe Weise und nach denselben G setzen vor sich gehe, wie in den Weichtheilen, und dass die Lymphe in den Knochenkanälen auf die Bruc enden sich ergiesse und an der Austrittsstelle jedes Kanälchens gerinne, der nächst folgende Tropfen dadur sich einen Weg suche und gleichfalls gerinne und s. f., also etwa in ähnlicher Weise, wie die Tropfsteinb dung vor sich geht, bis von beiden Seiten die dem alten Knochen ähnliche Masse zusammenstosse und verwach

Haller und mit ihm manche Andere kämpften eifrig gegen die zuerst von Du Hamel ausgesproche Entstehung des Callus. Er liess ihn aus einem besondern „Succus ossificus" hervorgehen, der vom Knoch ausgeschwitzt werden sollte, und, wie aus den Versuchen von Detlef ersichtlich, nichts anderes vorstellt, den Erguss von Blut zwischen die Bruchenden, das allmälig sich entfärbte. Diesen hatten Du Hamel u Andere gleichfalls bemerkt, ohne jedoch grossen Werth darauf zu legen, indem sie ihn wieder durch Resorpti entfernt werden liessen. — In Uebereinstimmung mit Haller und Detlef, jedoch mit Annahme eines ande Ursprungs des Ergusses, liess auch Macdonald dieses Blut sich organisiren und die eigentliche Grundla des Callus bilden.

Nach Hunter entstehen in dem geronnenen Bluterguss um die Bruchenden Gefässe; die Bruchend sollen sich entzünden und ein Exsudat liefern, zugleich aber weich und sehr gefässreich, die scharfen Ränd

ıer resorbirt werden. Die Verknöcherung nimmt vom Knochen selbst ihren Anfang und schreitet von da ge-ɪn die dazwischen liegende Substanz fort, obschon sie auch hier an mehreren Orten auftreten kann.

Nach Soemmerring würden die Knochen in der ersten Zeit eigentlich verklebt, die Bruchränder soll-n sich in der Weise erweichen, dass sie eine sehr gefässreiche Gallerte darstellen; zugleich sollte sich zwi-hen sie eine belebte klebrige Masse ergiessen, die binnen wenigen Wochen vollständig zu Knochenmasse ch umgestalte.

Mit Dupuytren beginnen wir billig einen neuen Zeitabschnitt, indem er es war, der zuerst im Jahr 315 nachwies, dass man sich bis daher den Prozess zu einfach vorgestellt, und der darum die Wissenschaft n die Unterscheidung der Begriffe des provisorischen und definitiven Callus bereichert hat. Wir ıun diess um so mehr, als seine Theorie von da an, nur mit mehr oder weniger Abänderung, im Wesentlichen ırch fast sämmtliche neuere Schriften sich hindurchzieht. Dupuytren dehnte die von Du Hamel aufge-ellte Ansicht über Callusbildung weiter aus und wollte gefunden haben, dass ausser der Beinhaut auch noch ıs darüberliegende Zellgewebe, Sehnen, selbst die tieferen Muskelparthieen in die Verknöcherung eingehen. : unterscheidet 2 Hauptstadien der Heilung: 1) Das Markgewebe beider Bruchenden verwächst, bildet inner-ılb gleichsam einen knöchernen Pfropf, während zu gleicher Zeit die umliegenden Weichtheile, Periost, Zell-ewebe, Muskeln verknöchern und einen Ring um die Bruchstelle bilden, innerhalb dessen sich der Bruch be-ıdet. Die Bruchenden selbst sind noch nicht vereinigt, weshalb der Callus noch wenig Widerstand zu leisten rmag; er nennt diese beiden Callusmassen den provisorischen Callus. Dieses Stadium hat binnen 30 ler 40 Tagen seine Vollendung erreicht. — 2) Indem nun nach Verlauf von 4—5 Monaten die in die Mark-öhle ergossene Knochensubstanz resorbirt wird und ausserhalb Periost, Zellgewebe und Muskeln in den nor-alen Zustand zurückkehren, was in 8—12 Monaten erst geschehen ist, beginnen gleichzeitig die Bruchenden lbst sich mittels einer durch einen neuen Heilungsprozess gebildeten Callusmasse zu vereinigen, und damit : der definitive Callus gebildet und die Fraktur geheilt.

Kaum hatte Dupuytren diese Theorie aufgestellt, als auch schon unter seinen Landsleuten Cruveil-ier sie nach eigenen Untersuchungen als richtig nachzuweisen suchte, Delpech aber, früher mit Haller immend, gleichfalls sammt Boyer und Beclard dieselbe annehmen. Aber rasch verschaffte sich dieselbe ın allenthalben auch ausserhalb Frankreichs Gränzen Anhänger und das ganze ärztliche Publikum wandte tzt seine Aufmerksamkeit auf die seither übersehene spätere Callusbildung.

Breschet und Villermé machten wenige Jahre nachher über denselben Gegenstand neue Unter-chungen bekannt. Sie statuirten mit Dupuytren einen doppelten Boden für die Bildung des Callus; es llte ein Callus auf der äussern sowohl als der innern Oberfläche der Bruchenden auftreten, aber in spätern Zeiten ieder verschwinden, während zwischen den Bruchenden selbst derselbe Prozess der Knochenneubildung auf-ete. Dieselben erscheinen anfangs mit coagulirtem Blut bedeckt, in welchem bald eine klebrige Materie zum ırschein komme, welche allmälig an Menge und Festigkeit zunehme, aus der Markhöhle zu kommen scheine ıd jene Bruchränder, die vom zehnten Tag an einigermassen abgerundet und glatter werden, überziehe und letzt mit den angränzenden Weichtheilen verwachse; — diese wäre die jetzt so wichtig gewordene Sub-antia intermedia. Jene Knochenbildung zwischen den Bruchenden soll mit der Zeit mehr und mehr ı Festigkeit zunehmen und nimmer verschwinden. Ersterer Callus entspräche also Dupuytren's provisori-hem Callus, letzterer seinem definitiven.

Howship stimmte in Bezug auf die Entstehung des Callus wieder mit der früher von Macdonald sgesprochenen Annahme überein und war der Ansicht, dass der Callus aus dem Bluterguss hervorgehe, der den Weichtheilen, den Räumen der Beinhaut, zwischen den Bruchenden selbst sich vorfinde; derselbe sollte h nach und nach entfärben, Gefässe bekommen; die Beinhaut, in welcher sich dieser Prozess zuerst und ı raschesten entwickle, sollte nach und nach in Knorpel übergehen und s. f. Die Bruchränder fand er in iner Weise verändert, weder erweicht, noch aufgetrieben.

Meding unterscheidet eine zeitige und eine spätere Ossification; nach ihm geht die neue Knochen-bstanz aus der Beinhaut hervor, die nicht selbst in die Verknöcherung eingeht, sondern nur das Material zu liefert. In der Oberfläche des Knochens soll keinerlei Veränderung stattfinden (keine Anschwellung, keine

Erweichung), aber dadurch, dass in der Folge die Knochensubstanz resorbirt werde und zahlreiche Gefäss auftreten, eine organische Vereinigung zwischen altem und neuem Knochen zu Stand kommen; übrigens ent steht seine spätere Ossification durch Verknöcherung der Substantia intermedia.

M. J. Weber spricht von einer vorübergehenden und bleibenden Ossification. Erstere lässt e sich so bilden, dass die Bruchenden, soweit sie von der Beinhaut entblöst sind, schwinden und in Erweichun übergehen, daher eine Abrundung der Ränder erfolge; da, wo noch die Beinhaut anhängt, soll sie sammt den Knochen anschwellen und sich erweichen. Die losgetrennte Beinhaut nun entzünde sich, schwelle an und lie fere plastische Lymphe, nehme faserknorplige Consistenz an und endlich Knochensubstanz in sich selbst au und ergiesse solche im ganzen Umfang der Fraktur, wodurch eine Anlöthung an den Knochen zu Stand komm Sehnen und Zellgewebe zunächst der Beinhaut nehmen an dieser Veränderung gleichfalls Antheil; in der Mark höhle trete in Folge von Entzündung der Markhaut gleichfalls Knochenneubildung auf. Diese Ossification wä aber nur vorübergehend: denn jetzt trete ein Erguss plastischer Lymphe zwischen den Bruchrändern selb auf, der von dem Zellgewebe zunächst den Bruchrändern ausgehe, welches sich in eine pleuraähnliche Membra umgestalte; diese Exsudation werde gallertig, später knorplig, und es treten Knochenlamellen in ihr auf, un zwischen ihnen und den Bruchrändern werde eine organische Vereinigung hergestellt, während jenes Zellgewel Beinhautnatur annehme. Im äussern Umfang des Bruchs falle jetzt die Knochensubstanz aus der Beinha nach und nach der Resorption anheim und verschwinde durchaus; in gleicher Weise stelle sich das Lum der Markhöhle durch Resorption der Knochensubstanz her, doch nie ganz, indem zwischen beiden Fragment eine knöcherne Scheidewand stehen bleibe.

Wenig davon abweichend stellt Gendrin die Ansicht auf, dass sowohl ausser- als innerhalb der Bruc enden aus dem gelockerten und aufgetriebenen Knochen Knochensubstanz hervordringe, während gleichzeit Beinhaut und Zellgewebe um die Bruchstelle herum ebenfalls anschwelle und sich in eine faserknorplige Mas verdichte, worin Knochenpunkte auftreten. Auf diese Weise entstehe eine Knochenkapsel um die Fraktı Auf der innern Seite soll eine weiche Substanz, aus der Markhöhle kommend, den übrigen Raum ausfüll und sich an die Bruchenden anlegen, deren beide Seiten resorbirt werden und zahlreiche rothe Punkte zeige diese Substantia intermedia gehe allmälig in eine röthliche, knorpelharte Masse über, in der Knochenpunk auftreten. Dieser Prozess schreite nach Aussen fort, so dass der Knorpel endlich ganz darin untergehe, u die Vereinigung der Fraktur sey damit gegeben.

Brodie nimmt 3 Perioden bei der Heilung der Brüche an, wovon die beiden ersten der Bildung d provisorischen Callus entsprechen, ohne dass er die Bruchenden selbst Antheil nehmen lässt; die letzte umfa die Verbindung beider Bruchenden selbst durch Knochensubstanz, während der provisorische Callus nach u nach verschwindet.

Im Jahr 1836 machte Friedr. Miescher (De inflammatione ossium eorumque anatome gener Berolini 1836) über den vorliegenden Gegenstand neue Untersuchungen bekannt. Er gibt (auf Seite 141 u 142) nach denselben folgende Darstellung des Prozesses:

Der Callus bildet sich, wie bei jeder Heilung per primam intentionem, durch eine exsudative Entzündu aller durch die Fraktur verletzten Theile, der knöcherne Callus aber verdankt seinen Ursprung einer Exsudati von Seiten des Knochens. — Die Entzündung tritt erst in den Weichtheilen, Periost, Zellgewebe, Musk auf; sie alle schwellen an, werden hart, verwachsen unter einander und schliessen die Bruchstelle gleichs in eine, hinreichend feste, Kapsel ein. Die entzündliche Exsudation gibt sich am reichlichsten kund auf d innern Oberfläche dieser Kapsel, wo eine röthliche, halbflüssige Substanz sich erzeugt, welche allmälig Fest keit und Gefässe und nicht selten das Ansehen von Granulationen (Carunculæ) bekommt. Aus dem Markgew sprosst durch gleichzeitige Entzündung an der Bruchstelle eine weiche, röthliche Substanz, welche die Bru ränder überzieht, mit dem Exsudat der Weichtheile verschmilzt und so die Substantia intermedia darste Dieses ganze, von den entzündeten Weichtheilen gelieferte, Exsudat wandelt sich in ein zellig-fibröses Gew um und füllt die Zwischenräume zwischen den Fragmenten aus, während Muskeln, Zellgewebe und Periost mälig in den normalen Zustand zurückkehren. — Jetzt wird der Knochen selbst von der Entzündung ergrif und zwar zuerst an den Stellen, wo der Blutzufluss und die Ernährung ungestört geblieben ist, d. h. auf

ıssern Oberfläche des Knochens da, wo das Periost vom Knochen nicht losgerissen wurde, auf der innern berfläche dagegen da, wo die Gefässe des Marks und des Knochens noch unter einander zusammenhängen. ier wird eine weissröthliche, durchscheinende, gallertartige Flüssigkeit ausgeschwitzt, die sich von dem Exıdat der entzündeten Weichtheile nicht unterscheidet. Diese wird durch neugebildete Gefässe in ihr allmälig ı organisirtem Gewebe, und während sie auf der einen Seite an Menge zunimmt, wandelt sie sich auf der ıdern, und zwar vorerst da, wo sie mit dem Knochen in Verbindung steht, in Knorpel- und Knochensubstanz n. So wird die Markröhre zunächst der Fraktur durch neugebildete Knochenmasse verschlossen, und ausserılb schreitet diese Masse allmälig und von beiden Bruchenden gegen die Bruchstelle hin fort, überragt die ıtblöste Oberfläche der Bruchränder und wächst, je unter Umständen, entweder im ganzen Umfang oder nur ellenweise von beiden Seiten zusammen. — Diess ist die Bildung des ersten Callus (Provisorischer Callus ıch Dupuytren).

Während dessen wächst die vorher entblöste Oberfläche des Knochens mit der aus den Weichtheilen ıd dem hervorragenden Theil des früheren Callus selbst gebildeten Kapsel, die Bruchränder aber mit der ıbstantia intermedia zusammen. Dadurch wird ein Säftezufluss hergestellt, und es tritt auch hier die Bildung ɔn Knochensubstanz, d. h. die Bildung des zweiten Callus, auf (Definitiver Callus nach Dupuytren). on allen den genannten Stellen her also wächst neue Knochenmasse hervor und schreitet gegen einander ɔrt; die Substantia intermedia, die indessen ligamentose Struktur angenommen hat, wird weggetrieben, und ɔ kommen sie endlich von allen Seiten zusammen. Es bildet sich demnach der Callus aus der Knochensubanz, welche von beiden Bruchenden allenthalben zunächst der Fraktur zum Vorschein kommt, und ganz auf ieselbe Weise, wie der ursprüngliche Knochen, erreicht er allmälig seine Vollendung. Dann stellt er einen heil des Knochens selbst dar und verwächst mit demselben zuletzt so in Eines, dass man oft selbst unter em Mikroskop nicht im Stand ist, zu unterscheiden, was dem Callus, was dem alten Knochen angehört.

Obgleich seit Miescher noch Mehrere mit Bearbeitung desselben Gegenstandes aufgetreten sind, so at sich doch Miescher's Ansicht wenigstens in Deutschland am meisten Anhänger erhalten. — Mit ihr ımmt im Wesentlichen auch Rokitansky überein (vergl. sein „Handbuch der patholog. Anatomie, Wien 844", Band I. Seite 154 und folgende).

P. Flourens, dessen Ansicht — eine Reproduction der alten Du Hamel'schen — noch am meisten ufmerksamkeit auf sich gelenkt hat, kommt in seinem Werk: „Recherches sur le développement des os et es dents. Paris 1842," bei Gelegenheit der Bildung neuer Knochensubstanz auf die in derselben Weise zu tande kommende Heilung der gebrochenen Knochen zu sprechen und sieht in dem sog. provisorischen Callus ur ein Produkt aus den zerrissenen Gefässen des Periosts oder der benachbarten Weichtheile; er nimmt keien Bruch an ohne Zerreissung des Periosts oder selbst der benachbarten Theile, wodurch Erguss von Lymphe, on Blut gegeben sey, die hernach verhärten. Der eigentliche Callus entsteht nach seiner Ansicht durch Vernöcherung eines Theils des Periosts. Aeusseres und inneres Periost machen eine Reihe von Umwandlungen urch, indem es, anfangs häutig, sofort in einen fasrig-gallertigen Zustand übergeht, nachher zu Knorpel und uletzt zu Knochen wird.

Die Art und Weise, wie sich Lebert (Physiologie pathologique. Paris 1845. Tome II. 435—477) ber den Heilungsprozess der Knochenbrüche ausspricht, konnte nicht geeignet seyn, seiner Ansicht viele Anänger zu verschaffen. Er lässt, soviel ich aus seiner nicht ganz klaren Darstellung entnehmen konnte, das en Callus bildende Exsudat an den beiden Endpunkten des Callus an beiden Fragmenten entstehen und den 'allus von Aussen nach Innen zwischen die Bruchenden hineindringen und mit der Markhaut verwachsen; er rkennt keinen in der Markhöhle sich bildenden Callus an.

B. Heine's Versuche bedaure ich nur aus den wenigen Notizen in der „Zeitschrift für rationelle Meizin von Henle und Pfeufer" Jahrgang 2. Seite 219 zu kennen, da mir die Originalabhandlung nicht zu iebot stand.

I.

Darstellung des Heilungsprozesses gebrochener Knochen nach eigenen Untersuchungen.

Darstellung des Heilungsprozesses nach eigenen Untersuchungen.

Die erste anatomische Veränderung, welche sich im Gefolge eines Knochenbruchs einstellt, ist de Erguss von Blut zwischen und in die benachbarten Gewebtheile. Die allgemeinen Decken zeigen sich daru bald mehr bald weniger in ihrer Farbe verändert, je nach der Art des Bruches, der Art und Dauer der Ge walt, welche eingewirkt hatte. Nicht selten haben sie entweder durch letztere selbst in verschiedenem Gra in ihrer Continuität Veränderungen erlitten, die bald oberflächlich bleiben, bald tiefer greifen, oder ist eine oder das andere der Bruchenden von Innen nach Aussen verschieden weit, selbst bis unter die allgemeine Decken vorgedrängt, die sogar noch von ihnen durchbrochen werden können, wodurch dann das Bruchend frei zu Tag kommt. — Unter den allgemeinen Decken findet sich gewöhnlich in verschiedener Menge und Aus dehnung Blutextravasat. In gleicher Weise trifft man auch zwischen den Muskeln Bluterguss; die oberfläch lichen oder tieferen Muskelparthieen oft zerrissen und gleichfalls von Extravasat durchdrungen. Die Beinha zeigt sich bald unverletzt, bald ist sie zerrissen, letzteres namentlich bei Schiefbrüchen und Splitterbrüche wie sie namentlich in Knochen älterer Individuen vorkommen. Sie ist bald in grösserer, bald geringerer Aus dehnung von unterliegenden Knochen losgetrennt was sowohl an beiden Bruchenden als an den verschiedene Stellen eines und desselben Bruchendes verschieden ist. Unter der Beinhaut, die anfangs keine Veränderun zeigt, erscheint der Knochen auf jene verschiedene Weise gebrochen, welche Veranlassung zu der bekannte Unterscheidung von Querbruch, Schiefbruch, Splitterbruch u. s. w. gibt. Die von der Beinhaut entblöste Obe fläche der Bruchenden ist glatt, glänzend, röthlich- oder gelblich-weiss; die Bruchränder zeigen dasselbe Ve halten, wie man es künstlich noch am mazerirten Knochen hervorrufen kann, sie erscheinen uneben, zacki oft in scharfe Spitzen auslaufend; ihre Farbe ist nicht verschieden von der an gesunden Parthieen. Zwische den Bruchenden ist, je nach der Qualität des Bruchs, ein bald grösserer, bald kleinerer Zwischenraum zu treffe der mit einer zusammenhängenden, zähen, gallertigen Masse von rother Farbe ausgefüllt ist, die sich nich anders wie ein gewöhnliches Blutcoagulum präsentirt. Diese Masse ist in verschiedener Quantität anzutreffen oft drängt sie die losgetrennte und nur lose um die Bruchenden herumgelegte Beinhaut vom Knochen weg un bildet so einen an den Bruchenden leicht klebenden Ueberzug derselben. Oefters ist aber keine Spur eine solchen blutiggefärbten, einem Coagulum ähnlichen, Masse zu finden, und man erkennt beim Durchschnitt de beiden Bruchenden durchaus keine fremdartige, dazwischengelagerte Substanz zwischen den Bruchenden, so dern die Markhöhle ist durchweg mit gesundem, keine Abweichung vom normalen zeigenden Marke angefüll So findet man die Sache besonders bei Querbrüchen, die ohne oder mit sehr geringer Verschiebung einhe gehen. Anders verhält es sich allerdings in der Regel bei grösserer Dislokation der Bruchenden, wo jene e wähnte Substanz häufiger, wenn auch nicht regelmässig, sich findet und daneben die Marksubstanz, besonde in der Nähe der Bruchenden, da und dort blutig tingirt erscheint. Ist der Knochen in Splitter gegangen, s finden sich diese an verschiedenen Stellen und sind entweder noch in Zusammenhang mit der Beinhaut, ode sie sind gänzlich aus der Verbindung mit derselben gelöst und werden theils gleichwohl in ihrer normale

age fixirt, theils werden sie im Augenblick der einwirkenden Gewalt durch diese aus ihrer Lage bald da — ld dorthin verdrängt und an dieser neuen Stelle erhalten. So finden sich solche Splitter bald zwischen Beinaut und Bruchenden, bald zwischen die Bruchenden hineinragend, bald tief in die Markhöhle hineingetrieben s. w., wo sie sich auf verschiedene, unten weiter anzugebende Weise ferner verhalten.

Bald — und diess schon in den ersten 48 Stunden — tritt eine neue Reihe von Erscheinungen auf. s erfolgt allmälig eine oft bedeutende Anschwellung des betreffenden Glieds, welche einerseits durch das lutextravasat hervorgerufen wird, das theils der den Bruch selbst veranlassenden äussern Gewalt, theils wohl ich öfters den hervorgetriebenen und selbst wieder zu Zerreissungen Gelegenheit gebenden scharfen Knochenden und -splittern seine Entstehung verdankt; andererseits aber wird eine Volumsvergrösserung des Theils durch e sofort im Gefolge der angegebenen Umstände auftretende Entzündung bedingt. Das Glied fühlt sich jetzt ärter an; die allgemeinen Decken darüber zeigen verschiedene Färbung (roth, violett, blau, grün, gelb). nter denselben findet sich oft eine klebrige, durchsichtige, gelbliche Flüssigkeit, die auch zwischen Faszien nd Muskeln erscheint, wo zugleich das ergossene Blut jetzt verschiedene Farbveränderungen zeigt; die Muskeln selbst sind härter. Die wichtigsten Erscheinungen jedoch geben sich jetzt in der Beinhaut kund. Dielbe röthet sich, wird dicker, aufgelockert, und zwar der Theil der Beinhaut, welcher vom Knochen losgelöst t, doch so, dass sich diese Veränderung noch eine kleine Strecke weit über die Stelle hinaus erstreckt, wo so Knochen und Beinhaut noch in gegenseitiger Berührung geblieben sind. Zu gleicher Zeit zeigt sich die anze Innenfläche der losgelösten, so veränderten Beinhaut mit einer gelblichen, klebrigen Flüssigkeit beschlaen, die sich hauptsächlich in dem Winkel am leichtesten finden lässt, welcher durch den entblösten Knochen nd die hier von ihm abgelöste Beinhaut gebildet wird. Hier gerade ist auch die Stelle, wo sich am frühesten nderweitige Veränderungen zeigen.

In dieser Ecke nämlich sieht man schon in den ersten Tagen nach der Fraktur die Exsudatschichte en Knochen eine kleine Strecke weit als eine gallertige, selbst knorplige Masse überziehen, unter welcher r Knochen durchaus keine Veränderung bemerken lässt. Dieser blauröthliche Ueberzug haftet einerseits am nochen, während er auf der andern Seite mit der Beinhaut fest zusammenhängt. Bald zeigt er entschieden norpelartige Consistenz, und obschon dem blossen Auge keine weitere Veränderung auffällt, so fühlt man och jetzt schon beim Ablösen der ziemlich fest am Knochen haftenden Masse denselben merklich rauh; doch sst sich unschwer die glatte Oberfläche des Knochens darunter durch leichtes Darüberstreichen mit dem esserrücken herstellen. So findet es sich zuweilen schon am zweiten Tag nach der Fraktur. — In sehr urzer Zeit wird jetzt auch dem freien Auge eine Veränderung sichtbar. Da, wo sich der Knochen rauh geigt hatte, erscheint ein dünner Anflug einer kreideartigen Masse von röthlich-weisser Farbe, die beim Einocknen des Präparates nicht, wie die übrigen den Knochen umgebenden, Theile verschrumpft, sondern urch die weisse Farbe und die Erhebung über die Oberfläche des Knochens erst recht deutlich wird. Die ld an Dicke zunehmende Auflagerung zeigt nunmehr die Eigenschaften einer neugebildeten Knochensubstanz; hat den grössten Durchmesser in einiger Entfernung von dem erwähnten Winkel zwischen Beinhaut und nochen und nimmt wieder ab gegen die Bruchstelle hin, woselbst sie bald bis an die Bruchränder hervoricht, bald aber in grösserer oder kleinerer Entfernung davon aufhört. — Es verdient immerhin Berücksichgung, dass diese Auflagerung neuer Knochensubstanz nicht an beiden Fragmenten gleich ist, sondern dass eselbe zuerst und am meisten entwickelt an dem obern Bruchstück auftritt, während an dem untern oft och keine Spur sichtbar ist. Während diess hier zunächst dem Knochen geschieht, hat auf der ganzen innern eite der Beinhaut jener klebrige Beschlag allmälig gallertige Consistenz angenommen und zeigt, während eichzeitiger Zunahme an Dicke, auf dem Durchschnitt bald eine glänzende, bläulich- oder röthlich-weisse, urchscheinende Fläche; sie erscheint immer fester, bis sie die Consistenz eines weichen Knorpels erreicht t, von welchem sie sich bald in keiner Weise mehr unterscheiden lässt. An der ganzen Innenfläche der getrennten Beinhaut hatte sich bei jungen Tauben innerhalb 8 Tagen der erwähnte knorplige Ueberzug geldet, der somit von einem Knochen zum andern überspringt, und, da diess im ganzen Umfang des Bruches eschieht, dadurch eine Kapsel bildet, in deren Höhle die Bruchenden unverändert hineinragen, nur überzogen n jener rothen Substanz, die, wenn sie vorhanden ist, den Raum zwischen den beiden Bruchenden oder

auch noch zwischen diesen einerseits und der Kapsel andererseits ausfüllt. Je weniger Dislocation der Bruchenden vorhanden ist, je weniger Zerreissung der Beinhaut u. s. f., desto gleichmässiger geht dieser Proze vor sich. — Diese knorplige Kapsel nimmt ziemlich rasch an Masse zu und ihre Wandung erreicht da, w sie den grössten Durchmesser besitzt, durchschnittlich nicht den Durchmesser des gebrochenen Knochens selbs Das Glied hat jetzt bereits wieder einige Festigkeit erlangt. — Ist, was sehr gewöhnlich bei ältern Knoche der Bruch gesplittert, so erleidet das angegebene Verhalten wenig Abänderung. Hängt nämlich der vom übri gen Knochen losgerissene Splitter noch mit der Beinhaut zusammen, so findet man das organisirte, knorpl gewordene Exsudat um und unter demselben; ist der Splitter durchaus frei, weder mit dem Knochen noc der Beinhaut mehr im Zusammenhang, so wird er gleichfalls und nach allen Richtungen von der neugebildete Masse umschlossen, und diese durchläuft, hiedurch ungestört, die weiteren, nunmehr anzugebenden, Veränd rungen. — Die oben erwähnte Verknöcherung schreitet nun, während gleichzeitig die knorplige Kapsel noc fortwährend an Umfang zunimmt, mehr oder weniger gleichmässig fort, uud zwar in der Weise, dass an d den Bruchenden zugekehrten Seite der Kapsel zuerst eine, nicht geradlinig und scharf abgegränzte, in d Hauptsache aber parallel der Beinhaut und gegen diese hin fortschreitende Lage von neugebildeter Knoche substanz auftritt, welche in Farbe und Consistenz die verschiedensten Uebergangsformen zwischen Knorpel ur Knochen zeigt und bald mehr bald weniger weit gegen die Beinhaut hin Vorsprünge zeigt. Diese Vorsprüng endigen mit einer gegen die Beinhaut gekehrten Spitze, während ihre Basis mit der innern, schon knöcherne Wandung der Kapsel verschmolzen ist; sie entsprechen auch genau einer Reihe von verwaschenen, dunkle Linien, welche, wie an dem einen Präparat deutlicher, an dem andern weniger ausgesprochen zu erkennen is durch die knorplige Kapsel hindurch von dem innern Umfang nach der Beinhaut zu verlaufen.

Die auf die angegebene Weise vorrückende Verknöcherung hat bald — bei jungen Tauben nach etw 14—18 Tagen — die Beinhaut an allen Stellen erreicht und die Bruchenden sind jetzt von einer solide neugebildeten Knochenmasse wie in einer Kapsel eingeschlossen. Die Bruchränder zeigen sich darin noc immer unverändert.

Der jetzt gänzlich verknöcherte Callus zeigt auf dem Durchschnitt ein gleichmässiges Aussehen; er i in Farbe und Härte der Kreide nicht unähnlich und mit feinen Markkanälchen durchzogen. Wenn auch nic in allen Fällen eine gewisse Regelmässigkeit in der Anordnung dieser letzteren nachweisbar ist, so ist ei solche doch in vielen Fällen nicht zu verkennen, wo diese Kanälchen deutlich von der Beinhaut gegen d Bruchstelle hin, also senkrecht durch den Callus, verlaufen. — Auf seiner Oberfläche zeigt der Callus ve schiedene Erhabenheiten und Vertiefungen, welche sämmtlich von der Beinhaut überkleidet werden. Die letztere erscheint noch etwas verdickt und leichter zerreisslich, als im normalen Zustand; sie lässt sich üb dem Callus leichter ablösen als da, wo sie mit dem alten Knochen in Berührung geblieben ist. Der Call zeigt sich unter ihr rauh auf seiner Oberfläche und leicht röthlich gefärbt.

Während dieser ganzen Zeit hat auch in den Weichtheilen eine Veränderung stattgefunden; die A schwellung derselben hat allmälig abgenommen, der Bluterguss ist mehr und mehr verschwunden, die allg meinen Decken haben nach und nach ihre gewöhnliche Färbung und Consistenz wieder erlangt und der no male Zustand stellt sich immer mehr her; sie bieten für die weiteren Schicksale der Fraktur kaum meh Interesse.

Anders verhält es sich mit dem Zustand der Markhöhle; die Erscheinungen daselbst sind von Wichti keit. Um dieselbe Zeit etwa, wo sich auf der äussern Fläche der Bruchenden jene, wie wir gesehen, ziemlic rasch auf einander folgenden Veränderungen zeigen, treten ganz entsprechende auch in der Markhöhle au Auch hier auf der innern, der Markhöhle zugekehrten, Seite der Bruchenden erscheint zwar nicht in alle aber doch bei weitem den meisten Fällen ringförmig eine Exsudatablagerung, welche dasselbe Verhalten zei wie die die Bruchenden aussen umschliessende Kapsel, doch mit dem Unterschied, dass die Umwandlung i Knochensubstanz in diesem sog. innern Callus ungleich rascher vor sich geht. Derselbe erscheint am obe wie am untern Bruchstück. Diese innere neugebildete Knochenmasse ist übrigens ihrer Menge und Ausdehnun nach verschieden; sie erstreckt sich bald so weit gegen das Gelenkende des Knochens, wie die ausserhal abgelagerte Schichte, bald bleibt sie auf nur geringe Entfernung von den Bruchrändern beschränkt. Sie i

unächst den Bruchrändern am dicksten und verdünnt sich nach der entgegengesetzten Seite entweder allmälig, der, nachdem sie durchweg fast gleiche Dicke gezeigt, hört sie oft mit einem rasch der innern Seite des nochens sich nähernden und fast rechtwinklig auf ihn treffenden Rand auf. Was auf der andern Seite ihr erhalten an den Bruchrändern anbelangt, so zeigt sie auch hierin kein constantes Verhältniss, was mit der egenseitigen Lage der Bruchenden und deren Beschaffenheit selbst (ob glatt oder gesplittert u. s. w.) zusammenzuhängen scheint. Es zeigt sich nämlich das einemal — und diess vorzugsweise bei reinen Querbrüchen – die Knochenneubildung bis an den Bruchrand sich erstreckend und endigt hier in einer Ebene mit ihm; as andremal — und diess mehr bei Verschiebung der Bruchenden und unebenen Bruchrändern — erreicht e die letzteren nicht und hört in grösserer oder geringerer Entfernung davon auf, so dass hier also die nere Seite der Bruchenden unverändert und ohne Auflagerung erscheint. — Die neugebildete Knochensubstanz üllt so entweder die Markhöhle vollständig aus, indem sie von allen Seiten in der Mitte zusammentrifft, oder sst sie einen weiteren oder engeren Kanal zwischen sich. Die gegen das Centrum der Markhöhle liegende eite dieses innern Callus ist compakt, gleichmässig und glatt abgeschnitten, ohne Hervorragungen und Vertiefungen, während auf der gegen den Knochen gekehrten Seite oft grössere und kleinere Höhlen diesem Theil hon ein spongiöses Ansehen geben. Zuweilen ist die Masse vom obern und untern Bruchende zusammengeschmolzen, wenn nicht die öfters erwähnte rothe Zwischensubstanz sich zwischen sie gelegt hat. Den um, welchen dieser innere Callus nicht ausfüllt, nimmt normales Mark ein, oder jene blutig gefärbte Subanz, die sich auch zwischen den Bruchenden findet, und deren Analyse an einem andern Orte gegeben wern soll. — Es ist demnach das Lumen der Markhöhle bald, wenn auch verengt, doch offen und die Marksubstanz beider Bruchenden in Continuität, wo sich nicht die letztgenannte Substanz dazwischengedrängt hat; ld ist das Lumen verschlossen und dadurch oder durch die erwähnte Substanz eine Scheidewand zwischen m Marke beider Bruchhälften gegeben.

Nachdem auf die angeführte Art durch Verknöcherung sowohl des äussern als des innern Callus die Conidation der Fraktur erfolgt und das Glied seinen normalen Funktionen wiedergegeben ist, kann damit der ozess noch nicht als geschlossen angesehen werden, sondern es tritt jetzt ein weiteres und letztes Stadium , welches indessen keine bestimmte Gränzen zeigt. Es beginnt nämlich die neue Knochenmasse, welche die uchenden aussen umschliesst und welche anfangs, nachdem aller Knorpel verschwunden, gleichmässig dicht, eideähnlich ist, allmälig kleine Höhlen zu zeigen, was vorzugsweise um den alten Knochen herum beginnt l wieder in derselben Weise, wie die Verknöcherung von Innen nach Aussen fortgeschritten war, so auch zt, wenn gleich weniger auffallend, in derselben Ordnung vor sich geht. Diese anfangs nur kleinen Räume rden immer grösser, bis endlich die ursprünglich solide Masse ein spongiöses, von wenigen dünnen Knochenellen durchzogenes Gewebe darstellt, dessen Räume mit röthlichem Mark ausgefüllt sind, welches indess bei eben wenigstens bald, nebst dem in der Markhöhle selbst befindlichen Mark, gänzlich verschwindet. Die ripherie der Kapsel stellt zuletzt eine dünne, glatte Schaale, ähnlich der Substantia dura spongiöser Knochen, r dieses weitmaschige Knochengewebe dar. — So durchläuft also diese neugebildete Knochensubstanz dieben Veränderungen, wie wir sie in der Entwicklung des normalen Knochens sehen.

Derselbe Vorgang zeigt sich, nur ungleich früher, innerhalb der Bruchenden in der hier theilweise oder z durch den Callus verschlossenen Markhöhle. Hier beginnt, selbst noch ehe die äussere Kapsel durchweg Knochen umgewandelt ist, auf gleiche Weise ein Auftreten von immer grösser werdenden Markräumen. Die n Centrum zugekehrte Seite des innern Callus widersteht am längsten dieser Umwandlung und bleibt, wähd die dem alten Knochen zugekehrte Seite jene spongiöse Natur angenommen hat, noch am längsten als e knöcherne Schaale bestehen, bis endlich nur wenige Reste des innern Callus übrig und die Marklen beider Bruchenden wieder durchgängig geworden sind.

Aber wenn seit geraumer Zeit schon die umgebenden Gewebe keine merkliche Veränderung mehr ern hatten (ausser etwa, dass die Beinhaut mehr und mehr ihre normale Beschaffenheit vollständig wiederngt hat): so zeigt sich jetzt eine solche in auffallendem Grad an den Bruchenden selbst. Die Unterscheig zwischen alter und neuer Knochensubstanz hatte anfangs bei der andern Färbung, dem grössern Glanz, ie der Längenrichtung der Markkanälchen im alten Knochen durchaus keine Schwierigkeit. — Um die Zeit

nun, wo die neugebildete Knochensubstanz spongiös wird, doch mitunter viel früher schon und zu einer Zeit wo der Callus noch lange nicht verknöchert ist, zeigt sich ein ähnliches Schwinden des Gewebes im alten Knochen, soweit er von der neuen Auflagerung bedeckt ist; es treten da und dort gleichfalls Höhlungen in ihm auf, die in ihrer Richtung den Markkanälen folgen, und nur eine dünne Lamelle behält zuletzt den ursprünglichen Charakter der Substantia dura bei, und selbst deren Continuität ist häufig durch grössere Maschenräume unterbrochen. Da nun unterdessen das Gewebe des neugebildeten Knochens die vollständige Festigkeit der ausgebildeten Knochensubstanz erreicht hat, so ist nunmehr auf dem Durchschnitt die Gränze zwischen alter und neuer Knochensubstanz in keiner Weise mehr wahrzunehmen, höchstens dass man etwa an der Gestalt und Richtung der Markräume noch erkennen kann, welche Theile ursprünglich dem alten Knochen angehörten.

Die Bruchränder endlich, wenn sie nicht von der neugebildeten Knochensubstanz umschlossen wurden, erscheinen um diese Zeit meist etwas abgerundet, dann und wann durch knöcherne Stränge mit dem maschigen Gewebe des äussern oder innern Callus verbunden. Sie zeigen übrigens noch immer deutlich die Umrisse der Zacken und Spitzen, welche sie von Anfang an besassen.

Der ganze durch den Callus um den Bruch gebildete knöcherne Ring nimmt, während die genannten Veränderungen vor sich gehen, mehr und mehr an Umfang ab, so dass nach kürzerer oder längerer Zeit der Durchmesser des Knochens an der Stelle, wo sich der Callus befindet, wenig von dem des übrigen abweicht.

Noch hat eines Punktes Erwähnung zu geschehen, nämlich der Schicksale jener mehrfach erwähnten rothen Substanz zwischen und um die Bruchenden; wenige Worte reichen hin, darüber Auskunft zu geben. Diese Substanz, die anfangs gelatinös, blutroth war, wird allmälig fester, dunkler gefärbt, und lässt sich später, wenn sie sich überhaupt vorfindet, noch als eine braune, trockene, ziemlich fest zusammenhängende Masse aus dem durchschnittenen Knochen mit Leichtigkeit herausnehmen; von einem organischen Zusammenhang mit den Bruchenden war in den von mir untersuchten Fällen nirgends etwas wahrzunehmen.

Obige Darstellung des Heilungsprozesses gebrochener Knochen per primam intentionem begreift nun aber durchaus nicht alle vorkommenden Fälle; es überwiegt im Gegentheil die Zahl derjenigen Fälle, welche mit dem eben geschilderten Hergang in direktem Widerspruch zu stehen scheinen, und welche im Voranstehenden noch keine Berücksichtigung fanden.

Da sich uns aber in den folgenden Abschnitten die Nothwendigkeit ergeben wird, diese und keine andere Art der Callusbildung anzunehmen, da wir im weitern Verlauf dieser Abhandlung die Ueberzeugung gewinnen werden, dass alle selbst noch so widersprechend scheinenden Fälle von Callusbildung auf diese sich zurückführen lassen, so erschien es zweckmässig, dieselbe voranzustellen, wenn schon die Beweise für die Richtigkeit dieser Auffassungsweise erst später geliefert werden können. Um indess die Abweichungen von dieser Art der Callusbildung schärfer herzorzuheben, mag eine kurze Wiederholung des Obigen hier Platz finden.

Fassen wir in Kürze nochmals die wesentlichsten Punkte der Callusbildung zusammen, so ergibt sich daraus Folgendes als Typus der Heilung, welchem die schematische Figur 1. Tafel 1. entspricht. Zwischen den Bruchenden und der auf verschieden grosse Strecke von ihnen losgelösten Beinhaut tritt allenthalben ein Exsudat auf, das allmälig wächst und dadurch die Beinhaut immer mehr erhebt und von den Bruchenden entfernt. Ohne Zweifel wird durch die nicht auf einmal erfolgende Exsudation die Beinhaut noch etwas mehr vom Knochen losgelöst, als diess im Momente des Bruchs selbst geschah. Das Exsudat durchläuft in kurzer Zeit verschiedene Stadien, es wandelt sich zuerst in Knorpelsubstanz um. Es wird so eine Kapsel gebildet, in welcher die Bruchenden, ohne selbst irgendwie vorerst Antheil zu nehmen, in mehr oder weniger normaler Richtung gegen einander befestigt werden. — Ebenso tritt, wenn auch nicht in allen Fällen, in der Markhöhle eine Exsudation von meist viel geringerer Ausdehnung auf, die indess ungleich rascher die verschiedenen Entwicklungsstadien durchläuft. Beide Exsudate, das äussere wie das innere, erstrecken sich auf verschiedene Weite gegen die Bruchränder hin, und es bleiben so entweder inneres und äusseres von einander getrennt, wie in den allermeisten Fällen, oder aber fliessen sie zusammen und es erscheint dann der Bruchrand in das Exsudat fest eingegossen.

So kann es kommen, dass sämmtliches Exsudat sowohl von der äusseren Seite der Bruchenden, als ıch das aus der Markhöhle des oberen und unteren Fragmentes zusammenfliessen und die Bruchenden in eine eichmässige Exsudatmasse eingesenkt erscheinen, wie diess in Fig. 6. Taf. 1. der Fall ist (wo indess das ssudat schon durchweg verknöchert ist). Diess kann indess nicht als das gewöhnliche Vorkommen bezeichnet erden, sondern meist ist zwischen den Bruchrändern und auf grössere oder geringere Strecke über diese naus eine lockere röthliche Substanz zu finden (Fig. 1. g.) — An der Stelle nun, wo Beinhaut und Knochen och in Berührung geblieben sind, tritt zuerst die Umwandlung des knorpligen Exsudats in Knochenmasse auf, eil dort einerseits die Gefässe der benachbarten Beinhaut rascher die nöthige Menge Material zur weiteren ntwicklung des Exsudats liefern können, andererseits die Exsudatschichte daselbst geringen Durchmesser betzt (d). Ungünstiger in beiderlei Beziehungen sind die Verhältnisse an den von den Bruchenden weiter entrnten Stellen; die Exsudatschichte ist ungleich dicker und eine Durchdringung derselben in ihrer ganzen icke mit weiterer Exsudatflüssigkeit ist erschwert. Erst dann, wenn, wie in anderen Exsudaten diess zu schehen pflegt, Gefässneubildung in dem Exsudat statt gefunden hat, wodurch eine Communication mit den efässen der Beinhaut eröffnet wird, kann eine Weiterentwicklung des nur bis zur Stufe des Knorpels entickelten Exsudates eintreten. Wir sehen solche Gefässe von der inneren Peripherie der knorpligen Kapsel ıfangs als zarte, etwas dunklere Streifen (f) gegen die Beinhaut hin verlaufen, wobei sie die letztere anfangs cht erreichen, aber bald vollständig bis dahin zu verfolgen sind. Um diese Gefässe nun tritt zuerst die rknöcherung des Exsudats ein, die daran erkennbar ist, dass die genannten Streifen weisse Farbe annehmen, wie sie sich auch unter dem Messer rauh zeigen. Diese Erscheinung beginnt wieder zuerst an der innern eripherie der knorpligen Kapsel, woselbst die weissen Streifen am breitsten sind und bald zu einer dünnen ıöchernen Lamelle zusammenfliessen (e), während sie gegen die Beinhaut hin spitz endigen und nur als jene sterwähnten zarten, kaum eine Farbverschiedenheit zeigenden Streifen gegen die Beinhaut sich fortsetzen (f). iese dünnen knöchernen Streifen fliessen von jener ersten knöchernen Lamelle (e) aus immer mehr zusammen, dass also die Verknöcherung immer weiter gegen die Beinhaut vorschreitet und zwar im ganzen innern mfang der Kapsel, bis zuletzt aller Knorpel verschwunden und an seine Stelle Knochensubstanz getreten ist. iese ist anfangs ganz solid, gleichmässig und zeigt kaum bemerkbare Markkanälchen, an denen sich die leiche Richtung noch erkennen lässt, welche die erwähnten Streifen zeigten, längs deren wir die Verknöcheıng fortschreiten sahen vergl. Fig. 1. d. Diese Markräume nehmen immer mehr an Umfang zu und werden ugleich durch Zusammenfliessen von mehreren unregelmässig; der ganze Callus hat endlich ein spongiöses ussehen angenommen. Diese Veränderung in dem verknöcherten Callus geht in den einzelnen Theilen des allus in derselben Reihenfolge vor sich, wie die Verknöcherung desselben. — Weitere Veränderungen, z. B. den Bruchenden selbst, interessiren uns hier nicht.

Modifikationen des Heilungsprozesses.

Man findet nun aber häufig Fälle, in welchen das Exsudat auf eine ganz andere Weise die Bruchenden ı vereinigen scheint, indem man hier unförmlich dicken Wülsten von sehr verschiedenem Umfang an den erschiedenen Stellen begegnet. Fälle dieser Art gehen immer mit bedeutender Verschiebung der Bruchenden ud damit bedeutender Verkürzung des Glieds einher. Die Taf. 1. gibt in den Fig. 12—18 solche Beispiele us verschiedenen Stadien der Heilung. Man trifft an solchen Fällen fast regelmässig auf eine eigenthümliche erschiedenheit der Substanz, welche den Callus zusammensetzt. Während man an den Stellen, wo der Callus och mit den Bruchenden zusammenhängt, eine bläulich- oder röthlichweisse Masse von der gewöhnlichen norpelconsistenz sieht, welche gegen das gegenüberliegende Bruchende zu abgerundet aufhört, erkennt man wischen je 2 solchen knorpligen Massen von verschiedenen Bruchenden eine mehr gelblich gefärbte, weichere ubstanz, die indessen ganz allmälig und ohne nachweisbare scharfe Gränze in die vorige übergeht. Die Verchiedenheit dieser beiden Substanzen erweist sich auch unter dem Mikroskop. Jene erstgenannte, bläulichveisse, knorplige Schichte zeigt die gewöhnlichen Knorpelelemente, dagegen die weichere, gelbliche zeigt sich us lauter verwaschenen, spindelförmig aussehenden und dicht an einander gedrängten Elementen zusammenesetzt, die uns später unter ähnlichen Umständen wieder begegnen werden. Durch die beiden, an einander orbeigeschobenen und ziemlich weit von einander entfernten Bruchenden und die sie verbindenden beidereitigen Callusmassen wird eine Höhle begränzt, welche mit der gewöhnlichen lockeren röthlichen Substanz

Verhalten der Callusbildung bei bedeutender Dislokation der Bruchenden.

ausgefüllt ist, ohne dass diese mit den Umgebungen der Höhle irgendwie in Zusammenhang stände. Die gegen diese Höhle gekehrten Stellen der Bruchenden sind glatt, ohne irgend welche Veränderung.

So befremdend diese Fälle auf den ersten Blick erscheinen, so sehr sie mit der seither gegebenen Darstellung im Widerspruch zu stehen scheinen, so weist doch die nähere Untersuchung derselben und die Vergleichung mit den Resultaten anderer Versuche zur Genüge nach, dass diese Fälle nur anzusehen sind als durch besondere Umstände hervorgerufene Modificationen der oben geschilderten Art der Heilung, was in mehreren dieser Fälle, z. B. Fig. 13, 14, nicht zu verkennen ist, und dass gerade sie keinen Anspruch darauf machen können, als typisch zu gelten. Die Vergleichung dieser Beispiele zeigt, dass sie darin übereinstimmen, dass die Bruchenden mehr oder weniger bedeutend dislocirt sind. Darin ist der Grund zu suchen, warum der Callus in so unregelmässiger Gestalt und stellenweise bedeutendem Umfang auftritt. Denn einerseits muss bei bedeutender Dislocation an sich schon die Losreissung der Beinhaut durchschnittlich in grösserer Ausdehnung erfolgen. Sodann ist gerade durch die Dislocation wieder Gelegenheit zu beständig neuen Schädlichkeiten gegeben, indem dadurch die Bruchenden durchaus ihren Halt verloren haben und bei jeder geringen Veranlassung desshalb eine Ortsveränderung erleiden müssen. Die entzündliche Exsudation dauert darum bei diesen Brüchen ohne Zweifel ungleich länger fort. Wird schon durch die Dislocation überhaupt stellenweise für das Exsudat bedeutender Raum gewonnen, so mag durch die leichte Beweglichkeit der Bruchenden der entzündliche Prozess sehr in die Länge gezogen und Exsudat auf Exsudat gehäuft werden. Exsudate aber sehen wir auch anderwärts in der Art ihrer Organisation durch äussere Verhältnisse wesentlich bestimmt werden. Es kann desshalb gegen den Schluss nichts eingewendet werden, dass auch hier durch beständige Einwirkung schädlicher Einflüsse, wie Mangel an Ruhe, an den Stellen, wo dieselben am stärksten einwirkten, das Exsudat Verschiedenheiten zeigen konnte. Während dort, wo immer zuerst Exsudat auftritt und zuerst verknöchert, also an den Enden des Callus, das Exsudat auch in den vorliegenden Fällen sich so verhielt und dadurch die anfangs ganz lose Beinhaut eine Strecke weit an die Bruchenden heftete, war dadurch ebendaselbst die Bewegung aufgehoben uud das Exsudat konnte seine gewöhnliche Entwicklung durchlaufen und sich in Knorpel- und Knochengewebe verwandeln, wogegen an den von den Bruchenden entferntesten Stellen der schädliche Einfluss der dort fortdauernden Bewegung sich am längsten geltend machte und diess in der Weise, dass das Exsudat auf der niedersten Organisationsstufe stehen blieb, d. h. in eine faserige Masse sich umwandelte, welche die Grundlage des Bindegewebes bildet. Uebrigens mag da und dort ein anderer Umstand mitgewirkt haben, um die genannte Verschiedenheit des Callus an seinen verschiedenen Stellen zu veranlassen. Ohne Zweifel nämlich konnte in Fällen dieser Art die Beinhaut nicht immer widerstehen und wurde durch den Andrang der Bruchenden zerrissen, wie denn nicht so selten bei derartigen Brüchen eines derselben später noch frei durch den Callus hervorragend gefunden wird. Dadurch müsste wenigstens die Beweglichkeit der Bruchenden vergrössert werden, wenn nicht etwa auch von den die Beinhaut umgebenden Weichtheilen ein Exsudat geliefert wurde, in dessen Eigenthümlichkeit es an sich schon lag, dass es sich in Bindegewebe umgestaltete.

Sey dem, wie ihm wolle, es ist interessant, unter ganz entsprechenden Umständen die sog. künstlichen Gelenke auftreten zu sehen und wir dürfen vielleicht in den oben gegebenen Verhältnissen die Bedingungen uud die Anfänge derselben suchen.

Es war bisher von der Heilung des Knochenbruchs die Rede, sofern dieselbe einen einzigen Knochen betrifft. Interessant ist nun aber das Verhalten da, wo 2 Röhrenknochen neben einander liegen.

Verhalten der Callusbildung in Gliedern, welche zwei Knochen enthalten.

Wirkt eine Gewalt auf ein Glied mit 2 solchen neben einander liegenden Knochen ein, so ist der Erfolg von verschiedenen Umständen abhängig: einmal von der Stärke der brechenden Gewalt überhaupt; sodann von der Art und Weise der Gewalt, ob dieselbe direkt auf die Bruchstelle einwirkt, oder nur indirekt und entfernt davon; ferner von der Richtung derselben, ob sie also auf die neben einander liegeudeu Knochen trifft, oder ob sie auf die hinter einander liegenden Knochen einwirkt, so dass dadurch ein Knochen gegen den andern getrieben wird u. s. w. — Es zeigt sich darnach ein sehr verschiedenes Verhalten, sowohl was den Erfund unmittelbar nach der Einwirkung der Gewalt anbelangt, als auch in Bezug auf den weiteren Verlauf der Heilung. Was zunächst den ersten Punkt betrifft, so findet man bald nur Einen Knochen gebrochen, während der andere durchaus unverletzt ist; bald ist der eine gebrochen, der andere nur geknickt; oder endlich sind beide zugleich gebrochen.

Man wäre nun aber sehr im Irrthum, wenn man glaubte, daraus für alle Fälle das Resultat der Heilung nach der oben gegebenen Darstellung des Bruchs des einzelnen Knochens a priori schon construiren zu können, ohne auf gewisse Momente noch Rücksicht zu nehmen, die hier von Wichtigkeit werden. Allerdings sind die Fälle nicht selten, dass die Heilung auch hier ganz nach denselben Regeln vor sich geht, dass beim Bruch eines Knochens allein dieser durch einen Callus wieder vereinigt wird, ohne dass der andere Knochen irgendwie Antheil nimmt, oder dass selbst, wenn beide Knochen gebrochen sind, jeder Knochen für sich durch einen abgesonderten Callus eingekapselt wird, ohne dass die beiden Callusmassen sich berühren oder in einander übergehen. Wohl häufiger aber sind jene Fälle, die dem Praktiker bekannt genug sind, der wohl die Gefahr kennt, welche beim Bruch auch nur des einen von zwei neben einander liegenden Knochen dadurch entsteht, dass der andere noch unverletzte Knochen ebenfalls in den Krankheitsprozess hereingezogen wird, sofern nämlich beide durch eine knöcherne Brücke verbunden und dadurch zum Mindesten in ihrer Beweglichkeit gestört werden. War nämlich selbst nur der eine Knochen gebrochen, so mag es noch gut gehen, wenn es an der entsprechenden Stelle des andern Knochens mit einer Osteophytenbildung entweder ringsum oder nur auf der dem gebrochenen Knochen zugekehrten Seite sein Bewenden hat, welche ihren Grund darin findet, dass die Beinhaut des unverletzten Knochens Antheil an der Entzündung um die Bruchstelle nimmt. Gar leicht aber geschieht es, dass von beiden Seiten diese Knochenneubildung zusammenfliesst und durch eine grössere oder kleinere Knochenbrücke beide Knochen an einander fixirt werden. Geschieht diess aber schon, wenn nur Ein Knochen gebrochen ist, so tritt dieser Fall ungleich leichter dann ein, wenn beide zugleich gebrochen sind.

Im Uebrigen bedarf es keiner weiteren Beschreibung dieser Fälle, da der Prozess der Callusbildung stets derselbe bleibt. Nur Ein Punkt verdient hier noch Berücksichtigung, welcher dem Chirurgen nicht minder Interesse gewährt, als die oben erwähnte Gefahr des Zusammenwachsens beider Knochen, es betrifft diess das Verhalten dieser Brüche in Bezug auf Form, Richtung und Länge des Glieds nach der Heilung. Wird nämlich auch auf der einen Seite beim Bruch des einen Knochens allein durch den andern unverletzten die Erhaltung der Länge und Richtung des Glieds begünstigt, so sind es hinwieder auf der andern Seite die Fälle von Brüchen beider Knochen, welche in Bezug auf die genannten drei Punkte am meisten Abweichungen zeigen; sofern bei ihnen gerade Dislocationen nach allen Richtungen so häufig sind, geben eben diese für die Wiederherstellung der Brauchbarkeit des Glieds die ungünstigste Prognose.

Es können aber selbst die zwei wesentlich verschiedenen Formen, unter denen wir Knochenbrüche heilen sehen, nicht als die einzigen, alle Fälle in sich begreifenden angesehen werden; wir begegnen im Gegentheil — und gerade bei Versuchen über Heilung der Knochenbrüche an Thieren und besonders Vierfüsslern — so bedeutenden Abweichungen von dem seither beschriebenen Verhalten, dass manche solcher Fälle auf keine Weise mit der als typisch hingestellten Art der Heilung der Knochenbrüche vereinbar erscheinen. Die hiebei zu beobachtenden Erscheinungen liessen mich vermuthen, dass ich es hier mit Fällen zu thun hatte, in welchen der Gebrauch des Gliedes während der Heilung Veranlassung dazu geworden war, dass der noch in der Bildung begriffene Callus aufs Neue gebrochen wurde. Diese Fälle forderten mich auf, in einer Reihe von besonderen Versuchen das Verhalten des neugebrochenen Callus zu untersuchen. Es dürfte nicht unwillkommen seyn, dem Seitherigen eine Darstellung dieses letzteren beizufügen.

Verhalten des Callus bei Störung der Heilung durch einen neuen Bruch durch denselben.

Der Erfolg ist in solchen Fällen wieder von verschiedenen Umständen abhängig, und der Satz, dass früher gebrochen gewesene Knochen an jeder andern Stelle eher wieder brechen als da, wo der erste Bruch sich befand, hat durchaus keine so allgemeine Geltung. Bei Versuchen an Tauben und Katzen (denen dieselbe Extremität zum zweiten Mal erst dann gebrochen wurde, als den übrigen Erfahrungen zufolge jedenfalls schon durch den ganzen Callus hindurch Verknöcherung eingetreten seyn musste,) wollte es mir in keinem einzigen Fall gelingen, an einer andern als der frühern Bruchstelle wieder zu brechen, obschon diese Fälle nichts weniger als einander ähnlich waren, indem der frühere Callus bald einen sehr dicken Knochenring darstellte, bald äusserlich kaum mehr bemerklich gewesen und nur auf dem Durchschnitt noch zu erkennen war; ebenso war das Alter des Callus in den verschiedenen Fällen ein sehr verschiedenes, wie sich schon auf den ersten Blick beim Durchschnitt erkennen liess. Obschon es nun einleuchtend ist, dass bei schiefgeheilten Brüchen die meiste Wahrscheinlichkeit vorhanden ist, dass eine neue Gewalt an der frühern Bruchstelle neuerdings

brechen muss, so geschieht dasselbe gleichwohl selbst bei solchen Brüchen, die ohne irgend welche Verschiebung der Bruchenden geheilt waren, wie diess unter Andern bei Fig. 21. Taf. I. offenbar der Fall war.

Was nun die Veränderungen betrifft, welche der neuerfolgte Bruch durch den Callus hervorruft, so sind sie im Wesentlichen dieselben, die wir an erstmals gebrochenen Knochen fanden. Die Beinhaut wird in grösserem oder geringerem Umfang wieder vom früheren Callus und selbst über diesen hinaus losgerissen, und in gleicher Weise, wie früher, ergiesst sich jetzt wieder Exsudat zwischen sie und zwischen und um die Bruchenden, das erst knorplig, hernach knöchern wird in der früher angegebenen Weise und nach derselben Ordnung. Desgleichen kommt oft wieder um und zwischen den Bruchrändern dieselbe röthliche, gallertige Substanz zum Vorschein. Es ist jederzeit sehr leicht noch zu unterscheiden, was dem älteren, was dem neueren Callus angehört; vergleiche die eben genannte Figur, wo sich auch wieder, obwohl in beschränktem Maasse, ein Callus in der Markhöhle gebildet hat, ausserdem die Figg. 19, 20 und folgende.

Um einerseits das Verhalten dieser Art von doppelten Brüchen selbst deutlicher zu machen, andererseits aber, um später an einem geeigneteren Orte darauf verweisen zu können, wo das hiebei beobachtete Verhalten von Wichtigkeit werden wird, mag hier die Beschreibung einiger solcher in dem Callus wieder gebrochenen Knochen Platz finden.

Der Humerus einer jungen Taube war 61 Tage nach dem ersten Bruch wieder gebrochen worden; 12 Tage nachher wurde das Thier getödtet; der Durchschnitt des wieder gebrochenen Knochens ist auf Taf. I. Fig. 21. gezeichnet. Der Knochen ist in seiner Mitte etwas schief durchgebrochen; die Bruchenden sind bedeutend an einander vorbeigeschoben, so dass dadurch der Knochen um ein Ziemliches verkürzt erscheint, und ein Zwischenraum von mehreren Linien zwischen den beiden Bruchstücken sich findet. An beiden Bruchenden erkennt man gegen die Bruchstelle hin ein mit vielen grösseren und kleineren Höhlen durchsätes Knochengewebe auf den alten Knochen aufgelagert, das auf dem Durchschnitt die Farbe, Härte und den Glanz des alten Knochens zeigt (a und a'). Als Verbindungsmittel zwischen beiden dislocirten Bruchenden legt sich eine neugebildete Knochenmasse von kreideartigem Ansehen (b) in Begleitung einer bald da bald dort dazwischen sich eindrängenden knorpligen Masse (c) brückenartig fast querüber. Dazwischen findet sich eine ziemlich umfängliche Höhle (d), die mit einer röthlichen Masse erfüllt ist, welche sich ganz verhält, wie die, sonst oft zwischen den Bruchenden vorkommende, vielfach erwähnte Substanz. — Jene neue Knochenmasse ist auf dem ältern Callus aber nicht allenthalben aufgelagert, sondern nur an den gegen einander gekehrten Seiten der an einander vorbeigeschobenen Bruchenden (a'), während auf den entgegengesetzten Seiten der beiden Bruchenden der alte Callus (a) von aller neuen Auflagerung frei ist. Ausserdem findet sich, wie gewöhnlich, auch in der Markhöhle eine Ablagerung neuer Knochensubstanz. — Die genannte neue Knochensubstanz (b) nun zeigt ein ganz eigenthümliches Verhalten, namentlich auf der untern Seite der Figur. Berücksichtigt man die in so ungewöhnlicher Form auftretende Verknöcherung und fasst dabei den (freilich in der Figur nicht wiederzugebenden) Verlauf der Markkanälchen näher ins Auge, wie derselbe in der neugebildeten Knochenmasse (b) sich darstellt, welche aus einer zusammengefalteten nachgiebigen Knochenplatte zu bestehen scheint, durch welche ganz in derselben queren Richtung die Kanälchen verlaufen, wie wir diess zum Theil früher schon in ausgesprochenem Grad im Callus fanden (vergl. Fig. 1. d. f. f.'); erwägt man ferner die Beschaffenheit der Oberfläche des Callus, sofern dieselbe sehr uneben ist durch zerstreute, isolirte, unregelmässige Stücke neugebildeter Knochensubstanz, welche ringsum von Knorpelsubstanz umschlossen sind und mitunter genau in eine Lücke der benachbarten, durch Knorpel davon getrennten, übrigen neuen Knochensubstanz zu passen scheinen, so kann man sich nicht erwehren, auf folgende Weise diese so abweichenden Verhältnisse zu erklären. Es musste bald nach dem neuen Bruch, der alsbald eine bedeutende Dislocation setzte, auf die gewöhnliche Weise über den früheren Callus her der neue sich gebildet und bereits theilweise in Knochensubstanz sich umgewandelt haben, übrigens die Beinhaut auf dem älteren Callus bei a. nicht mit losgerissen worden seyn. Nun musste irgend welche neue Gewalt das Glied getroffen haben, die dünne Schaale von neugebildeter Knochensubstanz aber dadurch von dem einen Bruchende losgelöst, und, da sie noch dünn und nachgiebig war, zusammengeknickt worden seyn; dadurch musste auch eine Loslösung derselben von der Beinhaut erfolgen, aber die leeren Räume, die dadurch zwischen ihr und der losgetrennten Knochenplatte entstanden, wurden durch neues Exsudat ausgefüllt, das eben jetzt knorplige Natur angenommen hat.

Man vergleiche mit diesem Fall einen andern, bei welchem übrigens der Knochen nur einmal künstlich gebrochen worden war. Es handelt sich gleichfalls um den Humerus einer jungen, vor 11 Tagen gebrochenen Taube, dessen Durchschnitt in Fig. 22. Taf. I. abgebildet ist. Die Aehnlichkeit dieses Falles mit dem vorhergehenden ist nicht zu verkennen: Dieselbe bedeutende Verschiebung der Bruchenden, derselbe massenhafte Callus in demselben Stadium. Aber ein Verhältniss besonderer Art zeichnet diesen Fall aus. — Man erkennt auf der untern Seite an beiden Bruchenden dicke Wülste von neugebildeter Knochensubstanz (b), welche indessen in der Mitte nicht zusammenfliessen, sondern durch eine noch nicht verknöcherte Schichte getrennt werden (c). Vom Bruchrand des obern Fragmentes sieht man nun einen, am Bruchrand selbst noch den grössten Durchmesser zeigenden, dünnen Streifen von neugebildeter Knochensubstanz sich in schiefer Richtung herabziehen gegen die Mitte des unteren Fragmentes; an beiden Endpunkten ist dieser knöcherne Strang fest angeheftet. Nach oben bildet derselbe die Gränze einer Höhle (d), welche die gewöhnlich an solchen Stellen sich findende lockere Substanz zeigt; nach unten ist dieser Strang gleichfalls scharf abgegränzt und ist zum grössten Theil von den vorhin genannten Wülsten (bb) überzogen. — Auf der entgegengesetzten Seite beider Bruchenden erkennt man gleichfalls von beiden Gelenkenden her neuaufgelagerte Knochenmasse, die, je näher der Bruchstelle, desto mehr an Durchmesser zunimmt (b′); das obere Fragment zeigt einen ziemlich bedeutenden Wulst, doch erreicht derselbe den Bruchrand nicht, sondern eine kleine Strecke des Knochens ist ganz frei von Callusmasse. Gleichwohl zeigt der Bruchrand eine, wenn auch nur geringe Menge von neuer Knochensubstanz (a′), die besonders hier mehr aus der Markhöhle zu kommen scheint. Sie hat dieselbe Richtung angenommen, wie der dünne Knochenstreif (a), der von dem gegenüberliegenden Rand dieses Bruchendes sich in der erwähnten schiefen Richtung abwärts zieht. Zwischen beiden ist nur eine enge Spalte, welche die Markhöhle des obern Fragmentes mit der zwischen diesem und dem untern Fragmente entstandenen Höhle verbindet. Das untere Fragment, welches auf der die Höhle begränzenden Seite gänzlich frei von aller Knochenauflagerung ist und diess auf eine nicht unbeträchtliche Strecke, zeigt auf der äusseren Seite einen Wulst von Knochensubstanz, der aber nicht die Ausdehnung besitzt, wie die entsprechende Seite des obern Fragmentes. Dagegen zeigt sich am untern Fragment die neue Knochenmasse aus zwei Schichten bestehend, die sich deutlich von einander unterscheiden lassen und ungleiche Dicke besitzen. Die dem Knochen zunächst liegende (a″) nämlich ist dünn, keilförmig; die Basis des Keils ist gegen den Bruchrand gekehrt, ohne ihn jedoch zu erreichen. Diese Schichte ist von einer zweiten, ungleich dickeren (b′) überdeckt, und zwar in der Art, dass sie zwar näher an dem Gelenkende des Knochens anfängt, als die unterliegende, dagegen auch früher wieder abgerundet gegen den Bruchrand hin aufhört, so dass also die unterliegende dünne Schichte darunter hervorragt.

Obschon dieser in seiner Art einzige Fall auf den ersten Blick ein charakteristisches Bild eines provisorischen und definitiven Callus zu geben scheint, so kann ich doch nicht umhin, bei Zusammenstellung mit so vielen andern Fällen eine Erklärung dieses Falles zu geben, welche denselben auf die früher geschilderten einfacheren Verhältnisse zurückführt.

Der Bruch hatte sich anfangs fast als reiner Querbruch verhalten; die Beinhaut war auf nur geringe Entfernung von den Bruchrändern losgetrennt gewesen, jedoch am untern Bruchstück in weiterem Umfang. Es hatte sich auf die gewöhnliche Weise ein aus dem eben genannten Grund wenig umfangreicher Callus gebildet. Die kurze Zeit von 11 Tagen vom Augenblick, wo der Knochen gebrochen wurde, bis zu dem Moment, wo wir den Bruch in seiner jetzigen Gestalt sehen, weist darauf hin, dass damals die Festigkeit des in der Heilung begriffenen Bruchs keine grosse gewesen seyn konnte, daher es denn leicht möglich war, dass eine neue Gewalt den Bruch an derselben Stelle wieder brechen konnte. Eine solche hatte aber hier gewiss eingewirkt; es wurden aber jetzt die Bruchenden dadurch bedeutend aus ihrer früheren, ziemlich normalen Lage getrieben und so über einander geschoben, wie wir sie jetzt sehen. Wenn nun aber auch der damals gebildete Callus an seinen äussersten Insertionspunkten mit den Bruchenden schon sehr fest verbunden war, so besass er doch nicht Festigkeit genug, um allenthalben der Einwirkung einer äussern Gewalt Widerstand leisten zu können. Daher kam es, dass er zwar vom untern Bruchende losgerissen wurde, aber immerhin noch als Ganzes; der dünne Knochenstreif (a), der vom obern Bruchrand nach dem untern Fragment schief herabläuft, ist eben dieser losgerissene Callus, der auf dem jetzt von aller Auflagerung freien, die Höhle begränzenden Stück

des untern Bruchendes auflag. Auf der entgegengesetzten Seite beider Bruchenden (bei a') gestalteten sic die Verhältnisse ungünstiger. Da der Callus daselbst ohnehin keine grosse Ausdehnung besass, so hätte er b aller Dehnbarkeit nicht vermocht, das weit vorgetriebene untere Fragment noch zu bedecken und seinem A drang zu widerstehen, und er musste nothwendig hier zerreissen. So kommt es, dass wir am Rand des ober Fragmentes ein Stück (a') neugebildeter Knochensubstanz finden, welche, wenn wir uns die beiden verschobene Bruchenden in ihre normale Lage zurückdenken, genau an die unmittelbar auf dem Knochen liegende Schich neuer Knochenmasse (a'') der entsprechenden Seite des untern Fragmentes passt, während die entgegengesetz Seite durch den dünnen Knochenstreifen (a) dann gerade bedeckt würde. — Diess war indess nicht die ei zige Folge der Einwirkung neuer Gewalt. Wie in andern derartigen Fällen, so wurde auch hier zugleich d Beinhaut nicht allein von dem schon gebildeten Callus, sondern an den verschiedenen Stellen verschieden we darüber hinaus noch vom alten Knochen losgerissen und um so mehr, da die Bruchenden nun so bedeuter dislocirt wurden. Ohne Zweifel war damit sogar Zerreissung der Beinhaut selbst verbunden. — Der Erfo der Lostrennung der Beinhaut vom alten Knochen sowohl als vom schon vorhandenen Callus war nun wied der gewöhnliche, schon bekannte: es bildete sich neuerdings ein Callus, aber natürlich entsprechend der grö seren Loslösung der Beinhaut in grösserem Umfang, als der frühere zeigte; wo der neugebildete Callus d früheren berührt, zeigt er sich durch eine deutliche, scharfe Gränze von ihm geschieden, wie die Figur zei Wir sehen den zweiten Callus bereits wieder zu einem grossen Theil verknöchert und dem äusseren Call entsprechend in der Markhöhle des unteren Fragmentes gleichfalls eine, wenn auch geringe, Knochenneubildun

Nicht minder interessant ist ein dritter Fall, der die Tibia einer jungen Katze betrifft und in Fig. 2 gezeichnet ist. Die Tibia sammt der Fibula war vor 38 Tagen etwas über dem untern Dritttheil gebroch worden; da letztere nichts Besonderes zeigte, so wurde sie auf der Zeichnung weggelassen. Dagegen zei der Durchschnitt der jetzt unter einem stumpfen Winkel in Heilung begriffenen Tibia folgendes Aussehe Etwa in der Mitte des obern Bruchstücks erhebt sich vom Gelenkende desselben her allmälig der verknöcher Callus und zwar ringsum so ziemlich in gleicher Höhe; seine Oberfläche ist glatt, aus mehr compakter Substa bestehend. Auf der Seite von a nun, nahe der Bruchstelle, entfernt sich am obern Fragment die Oberfläc des Callus rascher vom Knochen in einem nach Aussen convexen Bogen, unter welchem die dem Bruchen selbst zunächst liegende Schichte desselben etwas mehr spongiöses Aussehen hat. In der Höhe des Bruchrand hört die Knochensubstanz des Callus mit einem, unregelmässige Hervorragungen und Vertiefungen zeigend Rande auf. In diesen greift eine Lage von Knorpelsubstanz ein, welche von der Peripherie des Callus od von der Beinhaut an keilförmig zugespitzt bis unter den Bruchrand dieser Seite sich fortsetzt. Das Mikrosk wies hier die gewöhnlich im Callusknorpel vorkommenden Knorpelelemente nach. — Diese Knorpelschichte nach unten in Verbindung oder geht allmälig über in eine andere, dem untern Fragment angehörige, knöcher Callusschichte, welche gleichfalls einen nach Aussen convexen Bogen, mit glatter, compakter Oberfläche u darunter wieder spongiöser Substanz, bildet. Der eine, obere Theil dieses Bogens ist gegen die eben genann knorplige Schichte gekehrt, seine Fortsetzung gegen den Bruchrand hin aber wird bald ungleichmässig u spongiös; die andere, gegen Unten gekehrte Seite des Bogens dagegen gränzt gleichfalls wieder an eine ande knorplige Schichte, welche ein unregelmässiges Dreieck darstellt, dessen Spitze gegen das Bruchende gekehrt i und dessen Basis von der Beinhaut gebildet wird. Den gegen Unten sehenden Schenkel dieses knorpligen Dreiec bildet der schmale Schenkel eines andern Dreiecks, dessen Spitze gegen das Gelenkende des unteren Fra mentes gekehrt ist und das Ende des Callus bezeichnet. Der eine Schenkel dieses wieder aus Knochensubsta gebildeten dreieckigen Stückes liegt auf dem untern Bruchende auf, der andere wird durch die Beinhaut g bildet. — Aehnlich, doch einfacher, zeigen sich die Verhältnisse auf der entgegengesetzten Seite bei b. D knöcherne Callus erhebt sich hier gleichfalls von dem Gelenkende der beiden Fragmente her, doch mit d Unterschied, dass er am unteren erst viel näher der Bruchstelle seinen Anfang nimmt. Aber auch hier a der Seite von b. bildet der Callus kein ununterbrochenes und gleichmässiges Ganze, sondern es hat sich au auf dieser Seite eine keilförmig von der Oberfläche des Callus nach den Bruchrändern sich zuspitzende kno lige Schichte zwischen den knöchernen Callus gedrängt; doch ist auch hier keine scharfe Gränze zwisch Knorpel- und Knochensubstanz. Auch hier verliert sich die knorplige Schichte zwischen den beiden Bruchrände

ieser Seite. Wie auf der andern Seite ist übrigens auch hier die Oberfläche der knöchernen Schichte glatt, iehr compakt, während sie je näher den Bruchenden des Knochens desto spongiöseren Charakter annimmt. — ie Markhöhle zeigt nun gleichfalls Ablagerung von Knochensubstanz, wodurch dieselbe in der Nähe der ruchstelle vollständig verschlossen wird. Dabei sind aber bemerkenswerthe Verschiedenheiten der hier vorndigen Knochenneubildung nicht ausser Acht zu lassen. Zunächst den Bruchrändern nämlich, die hier schief egen einander treffen, erscheint die Substanz compakter. Man kann deutlich an dem Ende des obern Fragients eine im Halbkreis gebogene Schichte solcher compakterer Substanz erkennen, welche sich um das in ie Markhöhle des obern Bruchstücks hineingetriebene Ende des unteren Fragmentes auf der Seite von a hermzulegen scheint und im Verlauf der Markkanälchen auch entschieden dieselbe Richtung erkennen lässt. Die eiden Enden dieses Bogens gehen allmälig über in die schon erwähnten knorpligen Parthieen auf beiden Sein. Die Convexität des Bogens gränzt sich von der übrigen, in der Markhöhle des obern Fragmentes vorandenen, spongiöseres Aussehen zeigenden Knochenschicht deutlich ab, namentlich durch den in ihr dieser iegung — parallel gehenden Verlauf der Markkanälchen. Im unteren Fragment ist diese Gränze kaum ahrzunehmen und der Uebergang des Endes jenes Bogens in die übrige Knochenmasse der Markhöhle, ie in den hier eindringenden Knorpel ein ganz allmäliger. — Sehr bemerkenswerth für die Deutung dieses alles ist endlich noch die Vergleichung der äussern Oberfläche der Bruchstelle. Dieselbe zeigte, entsprehend dem grössten Durchmesser des Callus zwei isolirte Knorpelpunkte, die ringsum von Knochensubstanz nschlossen waren, den einen bei a, den andern bei b; es sind dieselben, die sich auf dem Durchschnitt einnder gegenüber zeigen. Ausserdem zeigte sich ein dritter unpaarer Knorpelpunkt, von unregelmässiger Gealt und gleichfalls geringer Ausdehnung und ebenso allenthalben von Knochensubstanz umschlossen; es ist erselbe, dessen Durchschnitt am untern Fragment auf der Seite von a beschrieben wurde.

Ueber die Art, wie dieses auf den ersten Blick so befremdende Verhalten zu deuten ist, kann kaum ein weifel herrschen, wenn die erwähnten Momente zusammengefasst werden. Es drängt sich uns die Nothwenigkeit auf, hier, wie im vorigen Fall, die Einwirkung einer brechenden Gewalt während der schon vorgechrittenen Heilung des Bruches anzunehmen, wozu ohnedem bei einer frei und ohne Verband herumlaufenden atze leicht die Veranlassung sich finden konnte. Der Callus, der an allen Stellen desselben Fragments ziemch gleich weit sich erstreckt hatte, wurde durch die neueinwirkende Gewalt auseinander gerissen, wodurch igleich das untere Bruchende in das obere zum Theil hineingetrieben und in seiner jetzigen Lage fixirt wurde. a der Callus aber bereits verknöchert war und fest an den Bruchenden haftete, so konnte nur da eine erreissung stattfinden, wo durch die nach Einer Richtung wirkende Gewalt die grösste Zerrung statt hatte ad es musste daher nur an zwei sich gegenüber liegenden Punkten eine Ruptur des Callus erfolgen, die ber verschieden ausfallen musste. Während durch diese ein wirkende Gewalt, deren Richtung noch jetzt ıs der Stellung beider Bruchenden gegen einander ersichtlich ist, der Callus bei b einfach auseinander wich, usste bei a zugleich eine Einknickung stattfinden, daher die die Bruchstelle des Callus dieser Seite begränende Oberfläche desselben nach einwärts gebogen und zugleich das Callusbruchstück des untern Fragments ach uuten zurückgedrängt werden musste, indem es sich theilweise vom Knochen loslöste. Vielleicht fand ne solche Loslösung des Callus in der nächsten Umgebung der Bruchränder auch an andern Stellen statt; keinem Falle war dieselbe von Bedeutung. Zugleich aber mit der Ruptur des Callus musste an dem unrn Fragmente auf der Seite von a nothwendig die Beinhaut wieder auf eine weitere Strecke losgerissen erden. — Von jetzt an begegnet uns wieder Bekanntes. Wir sehen wie gewöhnlich unter der Beinhaut ein xsudat auftreten, das eben jetzt knorpliche Natur angenommen hat; dasselbe hat alle durch den neuen ruch entstandenen Zwischenräume ausgefüllt, und wie gewöhnlich hat dasselbe dort, wo die Beinhaut mit m Knochen in Berührung geblieben ist, vom Gelenkende des untern Fragments bei a bereits wieder angengen, in Verknöcherung überzugehen, daher dort jene keilförmig gestaltete Schichte neuer Knochensubanz, die also dem ersten Auftreten von Knochensubstanz in den gewöhnlichen Fällen entspricht. — Da durch n neuen Bruch auch zwischen den Bruchenden hindurch Zerreissung des innern Callus erfolgte, so ergoss ch auch in die dadurch entstandene Spalte das Exsudat, das wir um die Bruchränder zum Theil schon ieder verknöchert finden, indem die oben erwähnte, sich bogenförmig um das untere Fragment bei a her-

umlegende, aus compakterer Substanz bestehende Knochenlamelle wohl als bereits verknöcherte Parthie ses Exsudats anzusehen ist.

Es gewinnt die Deutung der soeben ausführlicher beschriebenen Fälle, wovon die beiden letzteren a dings nicht absichtlich wiedergebrochen worden waren, noch an Wahrscheinlichkeit, wenn man damit Figg. 23 und 24 zusammenstellt, welche absichtlich zum zweiten Mal gebrochen wurden, deren nähere schreibung aber um so eher unterlassen werden kann, da in den genannten Beispielen, welche Fig. 21, und 25 abbildet, auf die diese Ansicht begünstigenden Verhältnisse aufmerksam gemacht worden ist. Ue gens sind Fälle, welche den vorangehenden sich anreihen, eben nicht selten, wenn sie auch weniger au fällig ihre Entstehung erkennen lassen.

Es ist mir immer auffallend gewesen, dass Miescher's Darstellung der Callusbldung, welche er die typische bezeichnet, und in seinen Abbildungen, Taf. I. Fig. X. XI, Taf. II. Fig. II. — V. versinnli so wenig mit meinen früher, zu Anfang des Iten Abschnittes mitgetheilten Beobachtungen übereinstimmten. nachdem ich die zuletzt erwähnten Versuche angestellt hatte, wurde es mir deutlich, dass das Verhalten Callus in den von Miescher abgebildeten Fällen nur so erklärt werden kann, dass wir annehmen, es hier der in der Bildung begriffene Callus noch einmal gebrochen worden. Gerechtfertigt wird diese Mein durch die Vergleichung seiner Fälle mit dem oben beschriebenen Verhalten des wieder gebrochenen Ca insbesondere aber mit den 3 soeben ausführlicher beschriebenen Fällen, und noch wahrscheinlicher gem wird sie, wenn wir berücksichtigen, dass die von ihm beschriebenen Fälle die Extremitäten von Vierfüss angehen, welche vorzugsweise leicht während der Heilung neu einwirkenden mechanischen Gewalten ausges seyn müssen. Eine bestimmtere Entscheidung hierüber könnte jedoch nur eine genaue histologische Untersuch der verschiedenen Substanzen gewähren, welche sich in der Masse des Callus vereinigt finden. Es ist dess zu bedauern, dass uns eine darauf bezügliche Belehrung fehlt.

Knochenneubildung nach Resektion.

Wenn es nun anerkannt ist, dass es oft gerade die indirekten Versuche sind, welche dadurch, sie auf verschiedenem Weg dasselbe Resultat gewähren, grossen Werth erlangen, welche nicht selten s allein über eine schwebende Frage vollständigen Aufschluss zu geben im Stande sind: so findet diess s volle Anwendung auf den Vorgang bei der Heilung der Knochenbrüche, und es überrascht die Uebereins mung desselben mit dem Prozess der Heilung resezirter Knochen. Obschon gegenwärtig die Resektion der I chen bereits allenthalben in ihrer Wichtigkeit erkannt ist und für die Zukunft die Erhaltung manches Gli in Aussicht stellt, welches sonst der Amputation anheim gefallen wäre, so rechtfertigt sich hier gerade d diese Analogie eine genauere Angabe des Heilungsprozesses resezirter Knochen.

Um Fälle der Knochenneubildung nach Resektionen zu einer solchen Vergleichung benützen zu kön machte ich folgende Versuche.

1. Einer jungen Taube wurde auf der rechten und linken Seite aus dem Radius ein etwa $1/2$ Zoll ges Stück des Knochens resezirt, wobei der bekannte Grundsatz bei dieser Operation, dass die Beinhaut m lichst zu schonen und der Knochen erst nach vollständiger Loslösung derselben zu entfernen sey, bef wurde; nachdem die Operation vollendet, wurde die Wunde möglichst genau durch blutige Hefte verei und die Heilung erfolgte per primam intentionem. Am 8ten Tag wurde die Taube getödtet. Der Radius l an der Stelle, wo das Knochenstück entfernt worden war, einen bedeutenden Wulst erkennen; derselbe ze sich, nachdem er von der Ulna losgelöst war (die keine Spur von Osteophytenbildung erblicken liess) ge an der Stelle des Wulstes elastisch biegsam. Der Durchschnitt des Präparates, welches nach Entfernung Muskeln auf Taf. I. in der Fig. 11. abgebildet ist, zeigte nun folgendes Aussehen. Der obere Theil, fast Hälfte des Knochens, war erhalten, dagegen war von der untern Hälfte nur ein kleiner Theil zunächst Gelenke noch geblieben. Der Raum zwischen und um beide resezirte Knochenenden war durch eine Subs von knorpelähnlichem Aussehen und Consistenz ausgefüllt. Dieselbe zeigte sich indess nicht allenthalben gle mässig in ihrer Masse, sondern es begegnet uns hier dieselbe Verschiedenheit der Exsudatmasse, deren schon bei Gelegenheit der Beschreibung der mit Dislocation heilenden Brüche Erwähnung geschah. beiden Seiten des obern Fragmentes nämlich erstreckt sich eine mehr bläulich gefärbte, grössere Consis zeigende Schicht von gleicher Dicke in Form zweier Wülste (a und a′) über die Ränder der Resectionss

mlich weit hinaus, diese kommen zuletzt gegen einander und jedes endigt daselbst mit einem abgerundeten id. Ehe diese zwei Wülste an einander treffen, lassen sie zwischen sich und der Resectionsstelle des Knochens en Zwischenraum (d), der mit derselben Substanz ausgefüllt ist, wie oft der Raum zwischen und um die Bruchder bei Frakturen. Diese Höhle setzt sich längs der einen Seite des obern Fragments fast bis zu der Stelle hinauf fort, dieser Wulst sich vom Knochen zu erheben beginnt; dieser Raum ist mit derselben Substanz erfüllt, die also hier zwischen den, eine ganz glatte Oberfläche zeigenden Knochen und den knorpligen Wulst (a) als ıeidewand gedrängt hat. Eben dieser Wulst (a) zeigt ausserdem noch ein bemerkenswerthes Verhalten. An ıer innern Peripherie, welche den gedachten Zwischenraum begränzt, zieht sich vom Anfang des Wulstes in die Gegend der Resectionsstelle ein dünner Streifen neugebildeter Knochensubstanz (c) herunter, auf welen von der Beinhaut her viele zarte Linien in senkrechter Richtung treffen. — Auf der andern Seite liegt gegen der knorplige Wulst (a') auf dem Knochen auf, soweit dieser reicht. Der Anfang dieses Wulstes gt sich gleichfalls verknöchert; und wie auf der andern Seite, so treffen auch hier eine Menge feiner Streifchen der äussern Oberfläche des Wulstes senkrecht auf dessen innere Peripherie; sie sind, je näher der letzen, desto deutlicher. — Beide Wülste zeigten in Bezug auf die histologischen Bestandtheile die gleiche Zummensetzung wie der Knorpel des Callus bei Brüchen; die feinen Streifen, die wir senkrecht beide Wülste Menge durchsetzen sehen, begegneten uns gleichfalls schon oben, als vom Beginn und Fortschreiten der knöcherung des Callus die Rede war; sie erweisen sich als nichts anderes, denn als (ohne Zweifel neugelete) Gefässe, um welche zuerst Verknöcherung auftritt, daher wir die Streifen in den angeführten Fällen, die Entwicklung weiter vorgeschritten ist, weiss finden, d. h. schon fertige Knochensubstanz um die Gefässe, vergl. ;. 1. — An jene abgerundeten Enden der knorpligen Wülste nun schliesst sich unmittelbar und ohne ganz scharfe inze eine Substanz (b) an, welche weniger Consistenz und mehr gelbliche Farbe besitzt als jene. Entsprend dieser mit blosem Auge sichtbaren Verschiedenheit zeigte diese Parthie auch unter dem Mikroskop Abichungen, indem sie sich als eine gelbliche, feinkörnige, mit kurzen, feinen, meist parallelen Streifen verene Masse zeigte, welche wir früher schon fanden und die wir später als die Grundlage eines Fasergewe- wiederfinden werden. — Etwas unter der Mitte, deutlich getrennt von dem knorpligen Wulst (a'), erkennt n einen vereinzelten Knochenpunkt (e), von dem übrigens dahin gestellt bleiben muss, ob er wirklich als lirt auftretender Knochenpunkt anzusehen ist, oder ob derselbe nicht ein aus seiner Continuität mit dem igen Callus durch die Richtung des Schnittes zufällig getrenntes Stück desselben ist. — Die letztgenannte bliche und weichere Parthie geht nach Unten allmälig wieder in eine consistentere über, die wieder mehr Charakter des wahren Knorpels trägt, was auch wieder die mikroskopische Untersuchung nachwies. Es en in dieselbe zwei nach Oben spitzig aufhörende Knochenstreifen (c) herein, welche von den Seiten des unen Fragmentes über die Resectionsstelle hinaus sich erstrecken. Dieses untere Fragment des Radius hat e schiefe Richtung gegen das obere; die beiden oben erwähnten Streifen von neuer Knochensubstanz, die en Oben sich zuspitzend aufhören, haben die Richtung dieses Fragmentes verlassen, und sind beide nach entgegengesetzten Seite gebogen, um in gerader Richtung gegen das obere Fragment zu verlaufen. — Zu ähnen ist nun noch, dass hier, wie bei gebrochenen Knochen, eine Ablagerung verknöcherten Exsudates h in der Markhöhle des obern und des untern Fragmentes stattgefunden hat.

Dieser Fall bietet in mehrfacher Beziehung grosses Interesse. Da bei Vergleichung desselben mit in Heilung begriffenen, gebrochenen Knochen auf den ersten Blick die Uebereinstimmung beider ins Auge ingt, so wäre es überflüssig, darauf im Einzelnen noch besonders aufmerksam zu machen. Ich begnüge ch, noch einen Punkt hervorzuheben, nämlich die gleichfalls oben gefundene Verschiedenheit der den Cal- constituirenden Substanzen, der eigentlich knorpligen und der mehr gelblich gefärbten, weicheren, die zwien der vorigen eingeschoben ist. Der Grund des Auftretens dieser zweierlei Substanzen scheint in dem n geschilderten Fall ein ganz ähnlicher zu seyn, wie der, welchen wir bei jenen Brüchen mit bedeutender location aufzustellen uns veranlasst sahen, und es scheint eben dieser vorliegende Fall zugleich eine Bestäıng für die dort ausgesprochene Ansicht zu enthalten, dass nämlich durch die beständige Bewegung des Folge der Continuitätstrennung alles Haltes entbehrenden Glieds das Exsudat an den Stellen, welche dieser ädlichen Einwirkung am meisten ausgesetzt sind, nur eine niedere oder die niederste Organisationsstufe zu

erreichen vermag, während es an den minder ungünstigen Stellen sich in Knorpelgewebe umgestalten kan Da hier die Beinhaut durchweg erhalten blieb, aber durch die Entfernung eines nicht unbeträchtlichen Stü ckes aus dem Knochen beide Fragmente der Gewalt der daselbst sich inserirenden Muskeln ganz preisgegebe waren, unerachtet der Radius an der noch unversehrten Ulna eine Stütze hatte, so lässt sich diese Erschei nung kaum anders erklären, als dass wir annehmen, dass in diesem Fall eben unter dem Einfluss wiederhol ter Bewegung diese Verschiedenheit der Organisation eines und desselben Exsudates entstand. Aus der Rich tung des unteren Fragmentes und der dünnen, in Verknöcherung übergegangenen Lamellen des demselben an gehörigen Callus ergibt sich zur Genüge, dass längere Bewegung dieses unteren Fragmentes wirklich vorhan den gewesen seyn musste.

2. Ein zweiter Versuch wurde gleichfalls an dem Radius einer jungen Taube gemacht. Die Beinhau wurde, soweit es möglich war, vom Knochen losgelöst und möglichst vollständig entfernt; ausserdem wurd an dem einen Radius ein Stück des so entblösten Knochens resezirt, im Uebrigen die Wunde wieder durc Hefte vereinigt. — Als am zehnten Tage untersucht wurde, zeigte an den Stellen, wo die Beinhaut entfern worden war, der Knochen weissere Farbe, aber seine gewöhnliche glatte Oberfläche, welche letztere durchau in keinem organischen Zusammenhang, aber allenthalben in unmittelbarer Berührung mit den umgebende Muskeln stand. Dagegen zeigte sich gegen die Gelenkenden hin, wo die Beinhaut nicht hatte entfernt werde können, sowohl auf der äussern Oberfläche des Knochens, als auch an den entsprechenden Stellen in de Markhöhle eine beträchtliche Menge neuer Knochensubstanz aufgelagert, so dass die auf der äusseren Ober fläche des Knochens befindliche schon von aussen als ziemlich dicker Wulst durchzufühlen war.

II.

Histologische Verfolgung der Callusbildung.

Wenn schon nicht in Abrede zu stellen ist, dass manche der Vorgänge im thierischen Organismus schon auf dem Sektionstisch ihre Erledigung finden, wie sich eben oft ganz zufällig Material dazu bietet; so gibt es doch hinwieder genug andere, welche nur mittelst langer Reihen von Versuchen und in Begleitung genauer mikroskopischer Forschungen sich studiren lassen. Unter die Zahl der letzteren gehört auch das vorliegende Thema, dessen bisher zu mangelhafte Bearbeitung in der angegebenen Richtung wohl die Schuld davon trägt, dass die gewonnenen Resultate so wenig befriedigend ausgefallen sind, ja dass sie, wie sich im weitern Verlauf noch ergeben wird, in Hauptpunkten geradezu der Natur widersprechen, obschon sie fast von allen Seiten angenommen wurden. — Ich habe mir die Aufgabe gestellt, bei Verfolgung der Callusbildung an einer möglichst grossen Zahl von gebrochenen Knochen durch die verschiedensten Stadien stets das Mikroskop zu Rath zu ziehen und durch anderweitige dahin einschlagende Versuche die Resultate zu sichern.

Die Erfolge dieser Untersuchungen wurden theils oben bereits gegeben, soweit schon ohne Beihülfe optischer Instrumente ein Blick in derartige Vorgänge gestattet ist, theils sollen sie im Folgenden dargelegt werden, unterstüzt durch eine Reihe von Zeichnungen, die ich möglichst getreu der Natur nachzubilden mich bestrebt habe. Zugleich dürfte es kein geringes Interesse bieten, der Entwicklung eines organisationsfähigen Exsudats Schritt für Schritt zu folgen und die auf pathologischem Wege zustandkommende Knochenbildung mit der normalen zu vergleichen.

Es ist schon oben gezeigt worden, welche Veränderungen im Verlauf der Dauer des Heilungsprozesses von Knochenbrüchen schon dem blosen Auge sichtbar sind; wie entzündliche Exsudation in den verschiedenen Theilen auftritt, wie nur der Knochen selbst an einer solchen keinen Antheil zu nehmen scheint, wie man denn auch — um es hier zum Voraus zu sagen — unter dem Mikroskop selbst keine Veränderung von irgend welchem Belang in demselben nachweisen kann. Die folgende Untersuchung hat einerseits darauf Bedacht zu nehmen, welches die Veränderungen sind, welche die normalen Gewebe selbst in dieser ganzen Zeit erleiden, andrerseits die Umwandlungen des Exsudats nachzuweisen, wie es sich an den verschiedenen Stellen gestaltet.

Veränderungen in den Weichtheilen bis zum Auftreten des den Callus bildenden Exsudats.

Wie, schon laut der früheren Darstellung der Veränderungen in Folge einer Fraktur, die Weichtheile ausserhalb der Beinhaut verhältnissmässig weniger betheiligt erscheinen, wie sie, zwar anfangs geschwollen, consistenter, doch bald wieder in den normalen Zustand zurückkehren; so weist auch die Untersuchung mit Hülfe des Mikroskops verhältnissmässig unbedeutende Veränderungen daselbst nach. Man erkennt kurze Zeit nach der Fraktur in dem extravasirten Blut zwischen den Theilen die gewöhnlichen Fibringerinnungen, grosse Mengen von mehr oder weniger veränderten Blutkörperchen, desgleichen Fetttropfen von den verschiedensten Grössen, nicht selten zertrümmerte Muskelfasern, und endlich an verschiedenen Stellen eigenthümliche, bald grössere bald kleinere, blasse Kugeln, welche einen verschiedenen Inhalt zeigen; entweder nämlich sind darin in verschiedener Menge kleinere und grössere, mit einem ziemlich breiten, dunkeln Rand versehene und in der Mitte einen sehr lichten Punkt umschliessende Bläschen enthalten, die sich in keiner Weise von Fetttropfen unterscheiden lassen; oder es sind in diesen Kugeln bald einzeln, bald in mehrfacher Anzahl deutliche Blutkörperchen einge-

schlossen: — kurz es sind jene Formen von pathologischen Elementen, die man unter dem Namen Entzündungs kugeln oder Exsudatkugeln zusammenfasst, und deren welche auf Taf. II. in Fig. 1. gezeichnet sind Je längere Zeit seit der Fraktur verflossen ist, um so mehr treten diese zurück und verschwinden endlich samm dem flüssig gebliebenen Theil des Exsudats wieder ganz, während die betreffenden Theile auch die für da unbewaffnete Auge und das Gefühl wahrnehmbaren Abweichungen vom Normalzustand mehr und mehr wiede verlieren. Anderweitige Veränderungen konnte ich bei der, zwar häufig, doch nicht mit gleicher Consequen: wie bei der Beinhaut verfolgten Entwicklung des Exsudats in den Weichtheilen ausserhalb der Beinhaut nich finden; ob und wie sich das Exsudat daselbst etwa höher organisirt, muss ich desshalb dahin gestellt seyı lassen, da die Verfolgung desselben an diesen Stellen zu unwesentlich erscheint, um zu weitläufigeren Unter suchungen aufzufordern.

Wenn nun aber im Folgenden die mikroskopische Analyse der Elemente des Exsudats zwischen Beinhau und Knochen von seinem ersten Auftreten an bis zur vollendeten Verknöcherung gegeben wird, so kann au eine vollständige Angabe der Erfunde an den einzelnen Stellen der Präparate aus den verschiedenen Zeiträu men hier wenigstens darum Verzicht geleistet werden, weil an einem und demselben Präparat sowohl, als aı solchen aus den verschiedensten Perioden frühere und spätere Entwicklungsstadien des Exsudats vorkommen was zu beständigen Wiederholungen führen müsste, ohne das Verständniss des Prozesses wesentlich zu förderı Die Ordnung, in welcher das Exsudat seine Metamorphosen erleidet, wurde zum Theil in dem früheren Ab schnitte schon angegeben, soweit dies schon mit blosem Auge erkennbar ist; indem daselbst gezeigt wurde dass an der Innenfläche des Callus zuerst Verknöcherung auftritt, und von hier aus nach Aussen fort schreitet. Diese Reihenfolge wird sich auch im Verlauf der folgenden Darstellung ferner erweisen. — Ic ziehe vor, überhaupt die Entwicklung des in Folge der Fraktur gesetzten Exsudats vom ersten Anfang an b zu dem Zeitpunkt zu schildern, wo in der neugebildeten Knochensubstanz keine weiteren Veränderungen mel sichtbar sind. Uebrigens muss bei dieser Schilderung der Entwicklung, wie sich dieselbe nach vielfachen Unte suchungen auf einander folgend darstellt, zum Voraus darauf aufmerksam gemacht werden, dass keineswe überall alle sofort zu erwähnenden Stufen in gleich ausgesprochenem Grad vorhanden sind, sondern dass o eine oder die andere Stufe übersprungen zu werden scheint. Es scheint in Bezug auf solche Verschiedenhe des Verhaltens sowohl Zeit als Ort in der Art von Einfluss zu seyn, dass da, wo die Umwandlung am rasch sten vor sich geht, die einzelnen Stadien nicht immer so scharf ausgeprägt sind, und selbst einzelne ganz z fehlen scheinen. An den Stellen, wo zuerst die Organisation des Exsudats auftritt und am ehesten ihre Vol endung erreicht hat und daher (wie wir diess an der öfters besprochenen Stelle sehen, wo die Beinhaut noc mit dem Knochen zusammenhängt) schon sehr frühe Verknöcherung sich findet, ist auch die Ausbildung all einzelnen Stufen der Organisation keine so vollständige, als diess später der Fall ist. Die am schönsten au gebildeten Formen von Knorpelzellen z. B., deren später näher erwähnt werden wird, waren an den Stell des Callus besonders zu finden, wo unter der Beinhaut die letzten Reste von Knorpel der Verknöcherung noc nicht anheimgefallen waren, woran vielleicht das vermöge des allmälig erloschenen Exsudationsprozesses wen ger reichlich gelieferte Material die Schuld trägt, wodurch langsamere, aber vollständigere Ausbildung der ei zelnen Entwicklungsstufen des Exsudats möglich wurde.

Organisation des den Callus bildenden Exsudats in Knorpel und Knochen.

Das entzündliche Exsudat zwischen Beinhaut und Knochen erscheint bald nach seinem ersten Entsteh unter dem Mikroskop als eine undeutlich feinkörnige Masse von leicht gelblicher Färbung, indess ohne alle b stimmte Formelemente, ausser den sehr zahlreich vorhandenen, allenthalben eingestreuten Fetttröpfchen v jeder Grösse. Allmälig jedoch werden in dieser Grundmasse bestimmte Formelemente sichtbar; es zeigen si nämlich, gemischt mit Fetttröpfchen, zerstreute, kleine, unregelmässig rundliche Körperchen, welche sich dur dunkler gefärbte Umrisse von der umgebenden Grundmasse abgränzen. Dieselben zeigen sich in ihrem Inne nicht gleichförmig, sondern, von einem hellen Hof umgeben, befindet sich darin noch ein kleiner Kern, der si entweder als ein verwaschener dunkler Fleck oder als ein solcher mit einem lichten Punkt in der Mitte da stellt; dieser Kern liegt bald in der Mitte, bald am Rand. — Häufig lassen sich diese Körperchen isolirt der dem Präparat zugesetzten Flüssigkeit schwimmend erkennen. Sie sind auf Taf. II. in Fig. 6. gezeichn sowie auf der untern Seite der Fig. 10., woran sich sofort die Figg. 7. und 8. anschliessen und die übrig

artlileen, von Fig. 10. Was die Grösse derselben anbelangt, so zeigen sie sich bedeutend kleiner als Blutkörerchen, wie sich aus der Vergleichung der Fig. 6. mit den kleineren Exemplaren von Fig. 1. ergibt.

Aus der Verfolgung der Entwicklung des Exsudats ergibt sich, dass diese Körper als die Kerne der ünftigen Knorpelzellen anzusehen sind. Für ihre Bedeutung als Kerne spricht noch der Umstand, dass sie ei Zusatz von Essigsäure in keiner Weise verändert werden.

Diese Kerne scheinen nicht aus einer homogenen Substanz gebildet, sondern hohl zu seyn; es ist dies enigstens aus der Verschiedenheit ihres Verhaltens zu schliessen, indem man häufig alle Kerne durchsichtig, harfbegränzt, und mit deutlichen Kernkörpern versehen antrifft, wie eben in den genannten Figuren, während e in andern Fällen in ihrem Innern eine grössere oder geringere Menge einer granulirten Substanz zeigen, rgl. Taf. II. Fig. 9. und Fig. 11., durch welche der Kernkörper mehr oder weniger verdeckt wird, so dass r erst in späterer Entwicklung, wenn der Kern lichter geworden ist, zum Vorschein kommt, vergl. Taf. II. ig. 14. Uebrigens lassen sich keineswegs in allen Kernen, auch wenn diese vollkommen durchsichtig sind, ernkörper erkennen, vergleiche Taf. III. Fig. 1.

Nach und nach sieht man diese Kerne immer häufiger werden und zugleich an Umfang zunehmen, sowie e auch allmälig an Schärfe der Umrisse gewinnen. Mit der Zunahme derselben an Grösse treten zugleich e Fetttröpfchen mehr zurück, so dass man bald durch das ganze Objekt kaum noch hie und da ein Fettöpfchen erkennt, wogegen bald die ganze Masse fast nur aus jenen Kernen zu bestehen scheint und die wischen diesen einzelnen liegende Zwischensubstanz mehr in den Hintergrund tritt, wie auf Taf. II. Fig. 12. nd 13.

Bald aber, und selbst oft noch ehe die genannten ersten Formelemente durch schärfere Umrisse von hrer Umgebung sich abgränzen, bemerkt man um sie einen etwas lichteren, ziemlich breiten Hof, welcher sich ach Aussen mit einer verhältnissmässig scharfen Linie gegen einen dunklen Streif abgränzt, der sich mit erwaschenem Rande in die Zwischensubstanz verliert, siehe Taf. II. Fig. 11, 13, dasselbe ist zum Theil schon ei Fig. 10. sichtbar. Wir erkennen hierin das erste sichtbare Auftreten der Knorpelzellen um die vorher gebildeten Kerne und haben den hellen Hof um den Kern als Zellenhöhle zu deuten, deren umgebende Wandung an jetzt noch nicht als scharf begränzten Körper erkennen kann. Oefters geschieht es, dass in einem Theil nes Präparates die Kerne aus der Zellenhöhle herausfallen und dann freischwimmend in der Flüssigkeit anutreffen sind. Man sieht alsdann nur noch ein Netzwerk, dessen Maschenräume (die leeren Zellenhöhlen) von er nicht für sich zu erkennenden Wandung der Zellen und der Interzellularsubstanz umschlossen werden; gl. Taf. II., Fig. 14, Taf. II. Fig. 13. (unteres Ende des Präparates), Taf. III. Fig. 1. u. s. w. Allmälig treen die Zellenhöhlen in härteren Formen hervor und sind alsdann nur noch von einer dunklen Linie umgeben nd durch dieselbe von der inzwischen heller gewordenen Zwischensubstanz abgegränzt, vergl. besonders Fig. . auf Taf. III.

Oefters begegnet man Knorpelzellen, welche zwei Kerne enthalten, vergl. Fig. 5. auf Taf. III.; doch muss h es dahin gestellt seyn lassen, ob in solchen Fällen die beiden Kerne ursprünglich der Zelle, in welcher sie ch finden, angehören, oder ob wir in diesem Vorkommen eine Andeutung einer Vermehrung der Knorpelzellen on sich aus annehmen dürfen.

Während bis dahin keine messbare Dicke der Zellenwandung zu erkennen war, finden wir in der letzten ntwicklung der Knorpelzelle vor der Verknöcherung eine Wandung von oft sehr beträchtlicher Dicke, welche ich durch eine mehr oder weniger scharfe Linie von der Interzellularsubstanz abgränzt. Man findet nämlich n einzelnen Präparaten in einer gleichmässigen Substanz vollständige Ringe von unregelmässig rundlicher Form nd leicht gelblicher Färbung, welche sowohl nach Aussen als nach Innen durch scharfe Linien begränzt sind nd einen hellen Raum einschliessen, in welchem bald ein unregelmässiger granulirter Kern sich findet, bald icht. Solche Zellen sind auf Taf. III. in Fig. 3. abgebildet. An einzelnen Stellen konnte ich selbst freichwimmende Zellen erkennen, die sich ganz auf die angegebene Weise verhielten und gleichfalls bald einen ern enthielten, bald nicht. Zwei solcher isolirter Zellen sind auf Taf. III. Fig. 4. gezeichnet. Wo sich die Kerne och fanden, da erschienen sie selten mehr mit feingranulirten oder glatten Rändern und gleichförmigem Inhalt m den Kernkörper herum versehen, welcher letztere in den wenigsten Fällen mehr zu unterscheiden war,

sondern sie waren unregelmässig gebuchtet, wie geschrumpft, welches Ansehen sofort, wie bald weiter gez werden soll, mehr und mehr zunimmt.

Die letzterwähnte Metamorphose der Knorpelzelle ist indess durchaus kein nothwendiges Moment für Verknöcherung, indem man häufig auch Knorpelzellen den Verknöcherungsprozess eingehen sieht, ohne d dieselben die beschriebene Verdickung ihrer Wandung erfahren hätten.

Es gehen nämlich die Knorpelelemente nunmehr unmittelbar in Knochenelemente über. Dieser Ueberga ist jedoch, wie gesagt, keineswegs an ein bestimmtes Entwicklungsstadium der Knorpelzelle gebunden, sond kann früher oder später eintreten. Die Bedingungen für ein früheres oder späteres Eintreten lassen sich z Theil wenigstens deutlich nachweisen. Man findet die Knorpelzelle, ohne dass sie den zuletzt geschilder Grad der Ausbildung zeigte, an den Stellen bereits in den Prozess der Verknöcherung übergegangen, wo e reichliche Zufuhr von Bildungsmaterial stattfindet. Daher zeigt sich die Knorpelzelle selbst in einem früh Stadium schon in der unmittelbaren Umgebung eines Gefässes verknöchert; es erscheint die Verknöcheru des Knorpels in seiner ganzen Masse daher da am frühesten, wo zahlreiche Gefässe vorhanden sind, seyen ältere, oder neugebildete, von welchen aus der Knorpel nach allen seinen Richtungen mit einer, zu seiner w tern Umwandlung das Material liefernden Flüssigkeit durchdrungen wird. So kommt es daher auch, dass s wohl in der vielbesprochenen Ecke des Callus zwischen Beinhaut und Knochen, wo die Exsudatschichte dü daher von den alten, hier noch unverletzten Gefässen der Beinhaut aus leicht mit Flüssigkeit zu durchdring ist, als auch in der gefässreichen Markhöhle so sehr frühe schon Verknöcherung zu finden ist. An den Stell eines gebrochenen Knochens dagegen, wo vollständige Loslösung der Beinhaut vom Knochen mit Zerreissu der Gefässe stattfand, also namentlich im ganzen Umfang der Bruchränder, wo ein organisirtes Exsudat v beträchtlichem Umfang auftritt, (wie eben hier der Callus einen bedeutenden Durchmesser zeigt,) da findet au viel später erst Verknöcherung statt, womit übrigens zugleich Gefässneubildung angetroffen wird, welc letztere aber der neuen Metamorphose des knorpligen Exudats ohne Zweifel vorangehen musste. Ein rasch Fortschreiten der Verknöcherung an den von den Bruchenden entferntesten Stellen wird aber auch dadur noch aufgehalten, dass mit dem allmäligen Erlöschen der Entzündung die Lieferung von plastischem Exsud fast bis zum physiologischen Niveau herabsinkt. Diess hat dann wohl auch zur Folge, dass die einzeln Elemente Zeit finden, ihre höchste Ausbildungsstufe zu erreichen, wie wir diess an den letzten Resten v Knorpelsubstanz in dem sonst durchweg verknöcherten Callus fanden. Dasselbe gilt auch für die weiteren Ve änderungen der Knorpelzelle, wenn sie in den Verknöcherungsprozess eingeht. Hand in Hand mit der langs meren oder rascheren Verknöcherung geht der Grad der Ausbildung der einzelnen Stadien im Verlauf des Ve knöcherungsprozesses. Man sucht darum an Stellen, wo die genannten Bedingungen eine rasche Entwicklu der Elemente begünstigen, nicht allein vergebens nach jener hohen Ausbildung der Knorpelzelle, sondern m findet auch nicht leicht Gelegenheit, die Anfangsstadien des Verknöcherungsprozesses nachzuweisen, oder übe haupt in schöner Reihenfolge alle die Formen neben einander zu sehen, welche in den folgenden Abschnitt beschrieben werden. Belege für das hier Ausgesprochene finden sich übrigens auch noch anderwärts und n mentlich gibt solche die vergleichende Untersuchung verknöchernder Rippenknorpel, Kehlkopfknorpel des Me schen an die Hand, wovon in den beigegebenen Tafeln Abbildungen aufgenommen sind.

Wir sahen früher, dass nicht allein an den Stellen Verknöcherung auftritt, wo die knorplige Calluska sel unmittelbar auf dem Knochen aufliegt, sondern auch von demselben entfernt dasselbe stattfindet; wir fand dass diese Verknöcherung immer zuerst an der innern Peripherie des Callus auftritt, selbst wenn fremdarti Substanzen sich zwischen Callus und Bruchenden auf eine weite Strecke hin eingeschoben haben, z. B. Bl koagulum, was bei mehreren der vorliegenden Knochenbrüche und bei Fig. 11. Taf. I. der Fall war; es wur ferner gezeigt, wie von der soeben erwähnten zuerst verknöcherten, innern Fläche des Callus nach der äusse Wand desselben, also gegen die Beinhaut zu, gleichfalls feine Streifen von neugebildeter Knochensubstanz ve laufen, welche mit breiter Basis auf der schon verknöcherten, innern Wand des Callus aufsitzen und gegen Beinhaut hin allmälig sich zuspitzen und verschwinden, vergleiche die Figg. 3. 4. u. s. w. auf Taf. I. Fass wir diese Punkte ins Auge, so bedürfen wir hier wenigstens zur Erklärung des Verknöcherungsprozesses nic jenes von Vogel aufgestellten Gesetzes der analogen Bildung, und wir anerkennen in dem Verknöcherungsp zess nur eine weitere Entwicklungstufe der Knorpelzelle.

Die Veränderungen nun, welche mit der Knorpelzelle ferner vor sich gehen bis zur vollendeten Verknöcherung, sind folgende:

Man entdeckt zunächst an der innern Wandung der Membran der Knorpelzelle, und zwar oft nur auf Einer Seite der Zellhöhle, eine anfänglich ganz geringe Anzahl von feinen Körnern, welche erst nur mit Mühe als solche kenntlich sind, wie auf Taf. III. Fig. 7., welche aber bald dunklere Ränder zeigen. Durch das Ueberhandnehmen dieser Körnchenmasse verliert die innere, der Zellhöhle zugekehrte Seite der Zellwandung ihren glatten Rand und erscheint nunmehr körnig, während die äussere, wenn sie überhaupt zu unterscheiden ist, sich noch glatt zeigt. — Die Zellhöhle erscheint durch diesen Beschlag von feinen, dunkeln Körnchen gleichfalls fast schwarz. Indem jetzt auch in der Interzellularsubstanz solche Körnchen auftreten, lässt sich bald äussere und innere Wandung der Zellmembran nicht mehr unterscheiden, und man erkennt nun nur in einer dunkeln körnigen Masse noch dunkler gefärbte, mehr oder weniger regelmässige Kreise, welche den Rändern der Zellhöhlen entsprechen, in welchen meist die Kerne noch enthalten sind. Die Fig. 8, welche zwar nach einem Präparat aus einem verknöcherten menschlichen Schildknorpel gezeichnet ist, die ich aber der vollständigen Uebereinstimmung halber gerne aufnahm, gibt ein treues Bild dieses Stadiums, welches wir in der Fig. 9 (welche nach einem Präparat aus dem äussern Callus einer Taube gezeichnet ist.) bereits etwas weiter vorgeschritten finden. Dieser Anfang der Verknöcherung der Knorpelzellen findet sich auch bei Knochen junger Katzen in dem zwischen Epiphysen und Diaphysen liegenden Knorpel. Der hier beschriebene Prozess der Verknöcherung scheint also nicht blos in pathologisch auftretender Verknöcherung zu beobachten zu seyn, sondern als allgemein gültiger angenommen werden zu müssen. — Fügt man diesen Präparaten Salzsäure zu, so verschwindet die feinkörnige Masse gänzlich, das Objekt wird wieder hell und zeigt dann noch ganz dasselbe Verhalten wie die noch knorpligen Stellen in der Umgebung.

Wie aber bei diesem ersten Stadium schon die Höhle der Zelle es ist, welche die ersten augenfälligen Veränderungen zeigt, so treten auch die folgenden Erscheinungen eben dort wieder am frühesten auf. Dicht neben Knorpelzellen, welche das eben geschilderte Verhalten zeigen, erkennt man die Zellhöhlen nicht mehr mit einem feinkörnigen Beschlag ausgekleidet, sondern an der Stelle der feinen Körnchen sieht man jetzt grössere, unregelmässig gestaltete Körner (Fig. 9. Taf. III.), welche an Zahl bedeutend geringer, gleichfalls sehr dunkle Ränder zeigen und bei verschiedener Einstellung des Mikroskops gestreift, wie aus über einander gelegten Platten zusammengesetzt erscheinen und überhaupt viele Aehnlichkeit in ihrem optischen Verhalten mit den kleinen Krystallen zeigen, welche in kalkhaltigem Wasser so oft durch ihre Gegenwart lästig fallen. (Vergl. Taf. IV. Fig. 1.) Diese Ablagerung im Umfang der Zellhöhlung, welche, wie sich aus dem Angeführten ergibt, nothwendig schon eine Verengerung dieser Höhle bewerkstelligen muss, kann anfangs bestehen, ohne dass die zwischen den einzelnen Zellhöhlen befindlichen Substanzbrücken irgend welchen Antheil nehmen. So kommt es denn, dass man am Verknöcherungsrand des Knorpels oft vollständige Ringe findet (Taf. V. Fig. 2.), welche eine Höhle umgeben und aus lauter an einander gereihten Körnern gebildet sind. — Dieselben Veränderungen, wie in den Zellhöhlen, sieht man nun auch bald in der ganzen Masse auftreten, welche zwischen den einzelnen Zellhöhlen liegt. Auch hier sind an die Stelle der feinkörnigen Masse wenigere, aber grössere Körner getreten, welche sich von den in den Zellhöhlen vorfindigen in Nichts unterscheiden. Mit dem Auftreten solcher grösserer Körner durch das ganze Objekt wird dasselbe wieder heller und durchsichtiger, als diess zuvor während der Ablagerung jener vielen feinen Körner der Fall war. Vergl. Fig, 9. Taf. III., Fig. 1. Taf. IV.

Aber schon jetzt nimmt eine Erscheinung unsere Aufmerksamkeit in Anspruch, welche sich in der Folge immer deutlicher charakterisirt und wesentlichen Einfluss auf die spätere Gestaltung der Objekte erlangt. Es sind nämlich die eben erwähnten unregelmässigen Körner nicht in der Art fest an einander gedrängt, dass sie Eine Masse bildeten, sondern die einzelnen erscheinen, wenn auch nicht nach allen Seiten, von einander getrennt; es entstehen also, zudem begünstigt durch die unregelmässige Form der Körner, allenthalben Zwischenräume, welche sich häufig zwischen den einzelnen Körnern hindurch als zusammenhängend unter einander verfolgen lassen. Zunächst und am augenfälligsten wieder zeigen sich diese Zwischenräume im Umfang der Zellhöhle, wo, wie wir sahen, zuerst die Körner ringsum als Auskleidung der Zellhöhle erscheinen. Durchschnitte zeigen hier einen Ring von Körnern, welche meist eine abgerundet viereckige Gestalt besitzen,

welche aber einander nicht unmittelbar berühren, sondern sehr deutlich einen Zwischenraum zwischen sich lassen; man erkennt so im ganzen Umfang der Höhle von dieser aus zwischen den Körnern je nach der verschiedenen Einstellung des Mikroskops dunkle oder lichte Linien, welche radial nach allen Richtungen hin verlaufen und von den dunkeln scharfen Konturen der Körner begränzt werden. Da sich aus dem Folgenden ergeben wird, dass dieselben nichts anderes seyen, als die Anfänge der im ausgebildeten Knochen als Canaliculi chalicophori von J. Müller bezeichneten Kanälchen, so sollen sie fortan der Kürze halber als Kanälchen bezeichnet werden.

Diese Verhältnisse sind auf den beiliegenden Tafeln wiedergegeben. Fig. 7, 8 und 9. Taf. III. zeigt neben einander erst die feinkörnige Ablagerung in die Höhle der Knorpelzelle, sowie auch die Uebergangsform zu den nächsten Figuren, indem schon in Fig. 9. grössere Körner an die Stelle der vielen kleineren getreten sind. In ausgesprochenerem Grade aber zeigt das Betreffende die Fig. 1. auf Taf. IV., wo sich bereits durch das ganze Objekt der zuletzt beschriebene Bau zeigt. Man erkennt um die Zellhöhlen noch jene Ringe von Körnern, zwischen welchen Körnern Kanälchen gegen die Interzellularsubstanz hinziehen, welche letztere aber gleichfalls schon mit Körnern derselben Art sich durchsäet zeigt. Zugleich gibt diese Figur einen Beleg für den oben ausgesprochenen Satz, dass die Reihenfolge in der Verknöcherung des Knorpels nicht immer die angegebene ist, oder dass wenigstens, auf was oben im Allgemeinen hingewiesen wurde, nicht überall alle Stufen so deutlich ausgeprägt sind, wie sie in dieser Darstellung der Entwicklungsgeschichte gegeben werden muss; denn man erkennt, während die eine Seite des Präparats noch Knorpel zeigt, die andere bereits in den Verknöcherungsprozess begriffen, welche indessen, mit Ueberspringung des ersten, gleich das zweite der geschilderten Stadien zeigt. Aehnliche Belege geben ferner Taf. III. Fig. 6., Taf. IV. Fig. 3.

In der Folge sieht man nun auf den ersten Blick schon das Bild verändert; das ganze Objekt erscheint heller, weil die vorerwähnten Körner ihre breiten dunklen Ränder meist verloren haben; die Körner erscheinen bald auch grösser und es hat den Anschein, als wären manche derselben zusammengeflossen; kaum lassen sich noch einzelne Körner isolirt und scharf begränzt unterscheiden; eben so wenig gelingt es jetzt noch zu erkennen, was der einen, was der andern Zelle angehört; jener Ring um die Zellhöhle ist nicht mehr zu unterscheiden. Auch hier sind es aber wieder die Kanälchen, welche gleich ins Auge fallen. Traten dieselben auch bisher weniger deutlich hervor, so bedarf es doch jetzt nur eines oberflächlichen Blickes, um sie als solche zu erkennen. Nach allen Richtungen hin entdeckt man solche Kanälchen verlaufend, aber meist nur auf eine kurze Strecke lässt sich das einzelne verfolgen und verliert sich dann in eine verwischte, dunkle Linie, die sich in den verschiedensten Krümmungen fortsetzt und an einer andern Stelle wieder als deutliches Kanälchen zum Vorschein kommt. Bei verschiedener Einstellung des Mikroskops sieht man, wie eigentlich sämmtliche Kanälchen gleich einem Netzwerk unter einander zusammenhängen, in der Nähe der Höhlen aber sämmtlich die Richtung gegen diese hin nehmen und in diese einmünden. Die Fig. 2. auf Taf. IV., welche einem in Verknöcherung begriffenen menschlichen Rippenknorpel entnommen und genau nachgebildet ist, ist bestimmt, das Angegebene deutlicher zu machen.

Von hier aus ist nur ein kleiner Schritt zu dem Stadium, das in Fig. 4. Taf. IV. gezeichnet ist. Immer mehr scheint die zwischen den einzelnen Zellhöhlen befindliche Körnermasse in Eines zusammengeflossen zu seyn, nirgends erkennt man mehr einzelne Körner; damit haben aber hier die Kanälchen an Anzahl bedeutend abgenommen und zeigen zugleich eine bestimmtere Richtung gegen die Zellhöhle hin. Wo sich nämlich solche Kanälchen finden, da verlaufen sie in der Hauptrichtung sämmtlich gegen das Centrum der Höhle hin; sie sind dabei auf bedeutend längere Strecke hin deutlich sichtbar, als diess früher der Fall war, und ihr früherer sehr geschlängelter Verlauf ist mehr gestreckt geworden. Verfolgt man die einzelnen Kanälchen weiter, so findet man sie häufig nicht einfach, sondern sie spalten sich in mehrere, nach verschiedenen Richtungen verlaufende, namentlich aber entdeckt man auch jetzt noch, wie die einzelnen Kanälchen, welche von benachbarten Höhlen kommen, ununterbrochen in einander übergehen. — Die Zellhöhlen zeigen jetzt ebenfalls ein verändertes Aussehen: statt dass sie seither der runden Form mehr oder weniger nahe kamen, höchstens während der zuletzt geschilderten Stadien durch die ringförmig um sie gelagerten Körner an den Wandungen uneben geworden waren, zeigen sie jetzt entschieden eckige Formen. Diese Ecken aber gehen unmittelbar über in die erwähnten Kanälchen, welche trichterförmig sich erweiternd in die Zellhöhle einmünden. — Zugleich aber mit diesen

estaltveränderung hat sich auch die Zellhöhle verengt, während in gleichem Maasse die zwischen den inzelnen Zellhöhlen befindlichen Substanzbrücken an Durchmesser zugenommen haben.

Um diese Zeit gelingt es zuweilen, die auf die angeführte Weise in den Verknöcherungsprozess eingeangenen ehemaligen Knorpelzellen isolirt und bald mehr bald weniger vollständig erhalten zu bekommen. ig. 3. auf Taf. IV., aus einem menschlichen Schildknorpel, zeigt am Verknöcherungsrand mehrere solche erknöcherte Knorpelzellen nur an wenigen Stellen unter einander zusammenhängend. Fig. 5. gibt mehrere eispiele von vollständig isolirten Knochenzellen. Fig. 5 a. zeigt in ausgesprochenem Grad jenes Stadium, wo uerst zwischen grösseren, noch die dunklen Ränder zeigenden Körnern die Anfänge der Kalkkanälchen zu rkennen sind, deren Lumen sich im Grund der Höhle in Form kleiner heller Ringe darstellt. Dasselbe zeigt ig. 5 b., welche einem weiteren Stadium angehörig, obwohl nur Bruchstück, gleichwohl mit der bisherigen childerung übereinstimmt. Ebenso findet auf die Figg. 5 c. und d. das bisher Gesagte mit wenigen unwesentlichen Abweichungen seine Anwendung.

Aehnliche isolirte Knochenzellen aus verschiedenen Stadien, nebst grösseren und kleineren Haufen unter nander zusammenhängender, fand ich im Verlaufe dieser Untersuchungen auch in einem Exsudat auf der eien Oberfläche der Arachnoidea eines Menschen. — Ich ergreife diese Gelegenheit zu bemerken, dass von en mancherlei Verknöcherungen, welche man pathologischerweise in den verschiedensten Geweben antrifft nd welche man gegenwärtig gewohnt ist, als Vermengung der Gewebtheile mit in unorganischer Form abelagerten Kalksalzen anzusehen, viele wohl wirkliche Knochenbildung in der einfachen Form vereinzelter oder ruppenweise gestellter Knochenzellen dürften erkennen lassen, wenn auch zwischen denselben entschieden norganisirte Ablagerungen sich vorzufinden scheinen. Ich werde hiezu veranlasst durch das Resultat verhiedener Untersuchungen über solche Verknöcherung, insbesondere z. B. an Verknöcherung in der Schilddrüse, abe jedoch bis jetzt zu wenig Material hierüber sammeln können, als dass ich mich bestimmter aussprechen ler ein allgemeines Gesetz hierüber aufstellen möchte. Ich behalte mir desswegen vor, bei einer späteren elegenheit diesen Punkt auf's Neue zu besprechen [1].

---

1) Anmerkung. Eine auffallende Aehnlichkeit zeigen diese Formen mit einer Art von Zellen, welche ich mich früher bei Untersuchung pflanzlicher Objekte in den Früchten verschiedener Pyrusarten gefunden zu haben erinnerte und welche ich der interessanten Parallele wegen hier aufnehme. Die harten Körner nämlich, welche im Fleisch solcher Früchte oft zu grösseren Massen vereinigt sind, bestehen aus lauter dickwandigen Zellen ohne eine bestimmte Form, deren einige in Fig. 6. Taf. IV. abgebildet sind. Auch hier finden sich dieselben dicken Wandungen, welche eine unregelmässige Höhle umschliessen, deren Zacken in feine, oft wieder verästelte, Kanälchen auslaufen, die nach allen Richtungen hin gegen die Peripherie ausstrahlen. Obgleich die hier gezeichneten Zellen grösser sind als die der Fig. 5. u. s. w., so ist diese Abweichung in der Grösse doch keineswegs bei allen zu finden, und man sieht neben einander eben sowohl Zellen, welche gegen die Fig. 5. an Grösse zurückstehen, als auch solche, welche noch grösser als die in Fig. 6. gezeichneten sind. Selbst in Bezug auf Anordnung stimmen diese Pflanzenzellen um so vollständiger mit den obigen Formen überein, als auch hier die Kanälchen zweier benachbarter Zellen fast regelmässig auf einander treffen, wovon eben eine der beigefügten Figuren ein Beispiel gibt. Der einzige Unterschied zwischen diesen so ähnlichen Formen, der indessen erst nicht allenthalben so scharf wie in der Figur hervortritt, wäre etwa der, dass bei diesen pflanzlichen Zellen die Zahl der Kanälchen eine grössere ist, und dass bei den letzteren alle Verhältnisse viel schärfer und typischer ausgesprochen sind.

Die Vergleichung von Vielen derselben wies aber auch in der Entwicklungsgeschichte eine merkwürdige Uebereinstimmung nach. Wie wir oben erst eine runde Höhle und verhältnissmässig dünne Wandungen fanden, welche letztere sich auf Kosten der Höhle mehr und mehr verdicken, wie wir zugleich die Höhle unregelmässig und ausgezackt werden sehen, so begegnet uns dasselbe auch bei diesen Pflanzenzellen.

Das natürlich ganz abweichende chemische Verhalten dieser Zellen geht uns hier nichts an.

Die Pflanzenanatomie lehrt uns in den beschriebenen Zellen Zellen mit sog. Tüpfelkanälen erkennen. Da wir nun in der Entwicklung der Knochenelemente und der genannten Zellen, sowie in dem ausgebildeten Zustand beider die vollständigste Analogie antreffen, so dürfen wir kein Bedenken tragen, die sog. Kalkkanälchen der Knochen als Tüpfelkanäle anzusprechen, welche die Reste der Höhlen benachbarter Zellen (die sog. Knochenkörperchen) unter einander verbinden, wenn auch vielleicht eine Abweichung in der Analogie sich darin herausstellen könnte, dass in den pflanzlichen Zellen die ursprünglichen Zellwandungen immer noch als Scheidewände zu den Tüpfelkanälen anzutreffen sind, während diese in dem Verknöcherungsprozess untergegangen zu seyn scheinen.

Die Veränderungen nun, denen wir im ferneren Verlauf der Verknöcherung noch begegnen, sind folgend Während das ganze Objekt mehr und mehr hell wird, indem die zwischen den einzelnen Zellhöhlen befindlich Substanzbrücken immer gleichmässiger und compakter werden, findet man die Zellhöhlen immer mehr von ih frühern rundlichen Form sich entfernend; sie nehmen immer unregelmässigere und tiefer ausgezackte Gest an, verlieren aber zugleich immer mehr an Grösse, so dass das Verhältniss des Durchmessers der Höhlen dem der zwischen ihnen befindlichen Masse, das anfangs bei den Höhlen bedeutend überwiegte, sich je gerade umgekehrt hat. Gleichzeitig damit gränzen sich die Ränder der Höhlen immer schärfer ab und t ten auch die trichterförmigen Einmündungsstellen der Kanälchen schärfer hervor. Wir sehen darin jetzt d was man **Knochenkörperchen** zu nennen übereingekommen ist. Die Kanälchen selbst treten gleichfa deutlicher hervor und man findet noch wie früher häufige Anastomosen mit von benachbarten Höhlen herko menden Kanälchen; nicht selten findet man ihre Durchschnitte als zerstreute kleine Ringe in der sog. Hy linsubstanz und kann auch deren Ursprung in den Höhlen (den Knochenkörperchen) deutlich in ähnlicher G stalt erkennen.

Ist dieses Stadium der Ausbildung erreicht, so zeigt sich keine wesentliche Veränderung mehr im Obje

Selten mag es um diese Zeit noch gelingen, eine Gränze zwischen den einzelnen ursprünglichen Zell zu unterscheiden. Doch ist es interessant, wie selbst in diesem letzten Stadium noch wenigstens in Ein Falle regelmässig und in ausgezeichnetem Grade eine Trennung derselben sich zeigt, nämlich in den Thi zähnen. Die Figur 4. Taf. V. gibt dieses Verhalten wieder, das sich an der Stelle findet, wo Cäment u Schmelz an einander gränzen. Was wir oben auf Taf. IV. in Fig. 5 a. b. c. d. aus einem früheren Stadi sahen, das finden wir hier wieder, nachdem die Verknöcherung die letzte Stufe erreicht hat, die sie überhau erreichen kann, und wir müssen die in dem vorliegenden Präparat wenigstens zum grössten Theil isolirt rundlichen Körper als dieselben Formen anerkennen, d. h. als eigentliche Knochenzellen.

Um ohne Unterbrechung die wesentlichsten Punkte hervorheben zu können, welche bei der Umwandlu der Knorpelzelle bis zum Stadium der vollendeten Verknöcherung von Interesse sind, musste in dem Seitherig die Verfolgung der Schicksale der Kerne der Knorpelzellen ausgeschlossen bleiben. Die Veränderungen, welc sich in dieser ganzen Zeit an denselben erkennen lassen, können in wenigen Worten zusammengefasst werd obschon keineswegs in allen Fällen dieselben gleich sind. Während man nämlich auf der einen Seite sch frühe, selbst ehe der erste Anfang der Verknöcherung zu erkennen ist, die Kerne der Knorpelzellen in ein Zustand findet, der keinen Zweifel darüber lässt, dass dieselben beginnen sich zurückzubilden und zu v schrumpfen, (wofür die Fig. 3. Taf. III. ein Beispiel gibt,) erkennt man auf der andern Seite an einzeln Präparaten die Kerne der Knorpelzellen selbst bis zum letzten Stadium der Verknöcherung noch. Belege au hiefür enthalten mehrere der schon genannten Figuren.

Insoweit ich nach meinen gelegentlich gemachten Beobachtungen, nicht consequent in dieser Richtu durchgeführten Untersuchungen, zu Schlüssen berechtigt bin, scheint auch diese Verschiedenheit des Vorkomm von der rascheren oder langsameren Verknöcherung überhaupt abhängig zu seyn, und zwar in der Art, d bei langsamer Entwicklung der Elemente die Kerne schrumpfen und schwinden, ehe es zu den späteren o selbst früheren Stadien der Verknöcherung kommt, dass bei rascher Verknöcherung dagegen die Knorpelze alle Stadien der Verknöcherung durchlaufen hat, ehe noch der Kern Zeit fand, der Resorption zu unterlieg

Im Allgemeinen lässt sich nur soviel darüber sagen, dass die Kerne der Knorpelzellen um die Z ungefähr, wo sich die Anfänge von Verknöcherung zeigen, sich zurückzubilden beginnen, so dass sie na Vollendung derselben verschwunden sind. In keinem Fall jedoch spielen die Kerne während der Verknöcheru irgend eine Rolle, welche für die letztere von Bedeutung wäre, es müsste denn seyn, dass man auf sie Bezug auf ihre besondere Form an gewissen Stellen insofern Werth legen wollte, als sie die von weiter Folgen begleitete Formverschiedenheit der Zelle überhaupt ausdrücken, wovon später.

Theorie der Knochenelemente.

Wenn wir das Bisherige zusammenfassen, so knüpfen sich daran mehrfache Bemerkungen über E stehung und Deutung dessen, was man im fertigen Knochen unter dem Mikroskop erkennt.

Was zuerst die sog. **Knochenkörperchen** betrifft, so weist uns, obschon es ausser Zweifel gestellt i dass dieselben Höhlen sind, (was sich unter Andern auch bei schiefen Durchschnitten derselben zeigt, welc

man zuweilen an den Rändern feiner Präparate erhält) die seither Schritt für Schritt verfolgte Entwicklungsgeschichte der Verknöcherung der Knorpelzelle unumstösslich nach, dass eben diese Höhlen nichts anders sind, als die Reste der Höhlen der früheren Knorpelzellen.

Zugleich ergibt sich aber auch daraus, welche Deutung wir der sog. Hyalinsubstanz beizulegen haben. Es muss nämlich dieselbe angesehen werden als ursprünglich aus drei Faktoren gebildet, nämlich aus der mit Knochenerde durchdrungenen Interzellularsubstanz, wenn nämlich die Knorpelzellen sich nicht unmittelbar berührten, aus der ins Innere der Knorpelzellen abgelagerten Substanz und der im ausgebildeten Knochen nicht mehr erkennbaren Membran der Knorpelzelle, welche dieselben Veränderungen wie die Interzellularsubstanz erlitten hat.

Es liegt nicht im Bereich der Aufgabe dieser Abhandlung, auf die chemische Zusammensetzung dieser Ablagerung näher einzugehen, welche die Verknöcherung bedingt. So weit jedoch die gewöhnlichen chemischen Hülfsmittel des Mikroskopikers darüber Aufschluss zu geben im Stande sind, ist der Schluss erlaubt, dass dieselbe nicht bloss unorganischer Natur seyn kann, indem an Präparaten, welche mit Salzsäure behandelt werden, die sog. Knochenkörperchen ihre frühere Form und Grösse noch ganz unverändert beibehalten. Da die Hyalinsubstanz, wenn auch im Ganzen etwas verändert, doch bei Vergleichung der einzelnen Stellen unter einander keine Verschiedenheit derselben erkennen lässt, so muss daraus geschlossen werden, dass jedenfalls die ins Innere der Höhle der Knorpelzelle erfolgte Ablagerung noch eine organische, also ohne allen Zweifel Knorpelsubstanz enthält.

Obige Entwicklungsgeschichte der Verknöcherung verbreitet nun aber auch Licht über die Entstehung und Bedeutung der von J. Müller als Canaliculi chalicophori bezeichneten Kanälchen. Es drängt sich uns bei genauer Verfolgung aller einzelnen Momente, welche die verschiedenen Entwicklungsstadien charakterisiren und welche auch die beiliegenden Zeichnungen wiedergeben, folgende Ansicht auf:

Die ganze Masse des späterhin verknöchernden Exsudats wird von einer, durch die alten oder neugebildeten Gefässe gelieferten Flüssigkeit durchdrungen, welche viele feste Bestandtheile aufgelöst enthält, die in verschiedener Weise Verwendung finden. Während die Knorpelzelle aus dieser Flüssigkeit sich überhaupt bildet und sofort daraus das Material zu ihrer weitern Entwicklung als Knorpelzelle entnimmt, äussert sich bei der ausgebildeten Zelle der Einfluss derselben Flüssigkeit in der Weise, dass aus letzterer in Form feiner Körnchen die festen Bestandtheile sich absetzen, organische sowohl als unorganische, und zwar, wie wir sahen, zuerst an den Wandungen der Zellhöhle. Diese bald massenweis auftretenden Körnchen nehmen nun durch fortdauernden Zufluss rasch an Grösse zu und werden zum Theil dadurch an einander gelöthet. Da die jetzt grösseren, gewöhnlich unregelmässig gestalteten Körner selbst für Flüssigkeit wenig oder gar nicht mehr permeabel sind, so ist diese genöthigt, sich zwischen diesen Körnern hindurch einen Weg zu suchen, und es ist damit, wenn wir uns den Mittelpunkt der Zellhöhle als den Mittelpunkt für alle ringsum vorgehenden Veränderungen denken, der Zufluss immer neuen Materials auf verhältnissmässig wenigere Punkte beschränkt, an welchen Stellen die Membran der Knorpelzelle und die Interzellularsubstanz allmälig resorbirt zu werden scheint. Wenigstens spricht für das Letztere der Umstand, dass man an Präparaten, welche mit Salzsäure behandelt wurden, noch immer Kanälchen entdeckt, welche von den Höhlen (Knochenkörperchen) auslaufen und oft unter einander in Zusammenhang stehen. — So muss zwischen diesen Körnern hindurch ein zusammenhängendes Netz von Kanälen entstehen, von welchen die Zellhöhle rings umschlossen wird und welche auf diese Weise mittelbar oder unmittelbar in letztere einmünden. Durch dieses Netz von Kanälchen stehen denn auch zwei benachbarte Zellhöhlen und in weiterer Reihe sämmtliche Zellhöhlen unter einander in Verbindung. Es sind diess die Stadien, welchen etwa die Figg. 1. 2 auf Taf. IV. entsprechen. — Während bisher von einer bestimmten Anordnung und einem regelmässigen Verlauf dieser Kanälchen keine Rede seyn konnte, ändert sich die Sache nun bald in der Weise, dass durch beständige Absetzung aus der inkrustirenden Flüssigkeit immer mehr Körner unter einander verschmelzen, wodurch zugleich auch viele der ursprünglich so zahlreichen Kanälchen verschlossen werden, namentlich aber werden diejenigen noch offenen Durchtrittsstellen für Flüssigkeit einer Inkrustation von Seiten letzterer am meisten ausgesetzt seyn, welche eine von der Hauptrichtung der eindringenden Flüssigkeit abweichenden Verlauf haben. Daher kommt es denn, dass einerseits

die Zahl dieser Kanäle bedeutend abnimmt, andrerseits dass die Richtung der noch offen gebliebenen immer mehr eine bestimmte und regelmässige wird, dass sie nämlich in der Hauptrichtung in fast gerader Linie gegen das Centrum der Zellhöhle verlaufen. — Diese Zellhöhlen, die anfangs rundlich waren und einen grössern Durchmesser besassen, als die zwischen ihnen liegende Substanz, erleiden sowohl in Bezug auf Umfang als Gestalt gleichfalls Veränderungen, während sich die ebengenannten Erscheinungen in ihrer Umgebung zeigen. Dadurch nämlich, dass die genannten Kanälchen die letzterwähnte Richtung mehr und mehr annehmen und gegen das Centrum der Höhle zulaufen, ist der fortschreitenden Ablagerung fortan ein bestimmter Ort vorgezeichnet, dieselbe ist auf das Ende oder die Einmündungsstelle der Kanälchen in die Höhle beschränkt. Indem sich daselbst die Masse ablagert, werden einerseits die Kanälchen verlängert, andererseits ebendadurch die Höhle mehr und mehr verengert und in der Weise unregelmässig gestaltet, dass sie ein vieleckiges und zackiges Aussehen bekommt, wobei die Zacken stets der trichterförmigen Einmündungsstelle der Kanälchen entsprechen.

Organisation des Exsudats zu Zellgewebe.

Um eine zusammenhängende Darstellung der Umwandlungen des Exsudats, das in Folge von Knochenbrüchen erscheint, soweit dasselbe zur Bildung des knöchernen Callus beiträgt, von seinen ersten bestimmteren Formen an bis zur vollendeten Verknöcherung möglich zu machen, erschien es passend, vorerst abzusehen von etwaigen anderweitigen Formen, unter denen das Exsudat auftritt. — Wir begegnen solchen in der Nähe der Beinhaut, und wir wenden uns zuerst zur Untersuchung der Veränderungen, welche in dieser stattfinden. Wir fanden dieselbe bald nach erfolgter Fraktur geröthet, geschwollen, gelockert; sie scheint in ihrer ganzen Dicke von flüssigem Exsudat durchdrungen. Die mikroskopische Untersuchung weist wenig Abweichung vom normalen Zustand nach, doch zeigen sich auch in ihr, wie in den übrigen Weichtheilen, die schon früher erwähnten Exsudatkugeln, Blutkörperchen, Fetttröpfchen, welche man aber bald nicht mehr daselbst zu finden vermag. Von mehr Belang zeigt sich indessen das Verhalten der innersten Schichte der Beinhaut sowohl an den Stellen, an welchen die Beinhaut aus der Continuität mit dem Knochen vollständig gelöst wurde, als auch in der Nähe derselben noch da, wo die Beinhaut mit dem Knochen noch zusammenhängt. Während schon die oberflächliche Untersuchung daselbst einen klebrigen, gallertigen Beschlag zeigt, erkennt man unter dem Mikroskop an feinen Schnitten aus solchen Stellen nicht mehr durchweg das gewöhnliche Fasergewebe der Beinhaut gleichmässig, die Fasern haben nicht sämmtlich mehr ihre scharfen Umrisse, sondern je weiter nach Innen, desto undeutlicher, verwaschener erscheinen sie, bis sich endlich in einer helleren Grundmasse nur mit Mühe noch kurze, zarte, dunklere und unter einander parallele Streifen noch erkennen lassen, die sich selbst weiterhin in einer ganz unbestimmten, kaum etwas feinkörnigen Masse verlieren, vergl. Taf. II. Fig. 5. An den Stellen, wo die genannten kurzen Längsstreifen sich zeigen, findet man an den Rändern der Präparate zarte, zackige oder spindelförmige Hervorragungen, während zugleich eine Menge einzeln oder in grösseren oder kleineren Bündeln zusammenhängender, frei in der Flüssigkeit umherschwimmender Elemente sichtbar ist, welche in 1, 2 oder 3 Spitzen auslaufen, in ihrem Innern meist einen deutlichen Kern erkennen lassen, übrigens aber nur äusserst zarte Umrisse zeigen. Aus diesen aneinander gedrängten spindelförmigen Elementarorganen, welche in Fig. 4. Taf. II. wiedergegeben sind, besteht eben auch die genannte kurzgestreifte Schichte auf der inneren Peripherie der Beinhaut, welche ganz allmälig in die Schichte normaler Fasern der Beinhaut übergeht. — An der Stelle nun, wo die letzten Reste von bestimmten Formen, wie wir sie eben noch fanden, in einer gänzlich gestaltlosen Masse untergegangen sind: — also am weitesten nach Innen gegen den Knochen zu und am entferntesten von der eigentlichen Beinhaut — tauchen allmälig dunklere, wenn auch sehr undeutliche und verwaschene unregelmässige Figuren auf, welche bald mit Bestimmtheit als rundliche Körper zu unterscheiden sind, die um eine helle Mitte zarte dunklere Konturen erkennen lassen; die immer bestimmteren Umrisse lassen bald keinen Zweifel mehr, dass diese Formen nichts anders sind, als die jungen Kerne der künftigen Knorpelzellen. Verfolgt man die Reihenfolge von hier aus weiter, immer in der seitherigen Richtung von Aussen nach Innen fortschreitend, so zeigen sich die Knorpelelemente in der früher angeführten Weise immer schärfer ausgeprägt, und endlich wird die Reihe des organisirten Exsudats zwischen Beinhaut und Knochen dadurch geschlossen, dass am äussersten Endpunkt vollständige Verknöcherung eingetreten ist, welche neugebildete Knochensubstanz dem alten Knochen theilweise

unmittelbar aufliegt und fest mit ihm zusammenhängt, so dass nur durch abweichenden Verlauf der Markkanälchen (entsprechend d. Fig. 1. Taf. I.) eine Verschiedenheit beider noch nachweisbar ist.

Bringt man in einer späteren Zeit, wo schon sämmtliches Exsudat in der Organisation vorgeschritten ist, indess doch nicht soweit, dass schon sämmtliche Knorpelzellen in Verknöcherung übergegangen wären, einen Schnitt unter das Mikroskop, welcher die Beinhaut und einen Theil des Knorpels noch enthält, so erkennt man auf der einen Seite des Präparates, der Beinhaut entsprechend, eine Faserschichte, welche in nichts von der, der normalen Beinhaut eigenthümlichen, sich unterscheiden lässt; auf der andern Seite dagegen findet man die gewöhnlichen Knorpelelemente in einem der vorgerückteren Stadien mit mehr oder weniger deutlich getrennter Zellmembran; zwischen diesen und der Beinhautschichte aber finden sich trotz der durch das ganze Objekt durchweg scharf gezeichneten Formen so allmälige Uebergänge zwischen Fasern und Kernen der Knorpelzellen, dass es nicht möglich ist, an einzelnen Punkten sich zu entscheiden, ob man sie für das eine oder das andere halten soll, vergl. Fig. 6. Taf. III. Ganz, wie hier, verhält es sich auch z. B. im Schildknorpel gegen dessen Perichondrium hin. Eben am Schildknorpel, wenn derselbe in der Verknöcherung begriffen ist, fand ich die feinkörnige Ablagerung selbst noch in sehr langgestreckten Knorpelzellen zunächst dem Perichondrium.

Es erhellt aus dem Angegebenen, dass die Beinhaut aus dem Heilungsprozesse gebrochener Knochen nicht unverändert hervorgeht, sondern dass, während der eine Theil des Exsudats zwischen ihr und dem Knochen zu Knorpel sich organisirt, der andere sich in ein Fasergewebe umgestaltet, das sich in keiner Weise von dem der alten Beinhaut unterscheidet. Uebrigens bedürfte es der Beihülfe des Mikroskops nicht, um eine Zunahme der Masse der Beinhaut nachzuweisen, da schon das blose Auge eine Verdickung der von dem verknöcherten Callus abgezogenen Beinhaut in Vergleichung mit andern Stellen der Beinhaut leicht entdeckt, obwohl diese Verschiedenheit sich mit der Zeit mehr und mehr ausgleicht.

Diejenige Form des organisirten Exsudats, welche die obenerwähnte Massenzunahme der Beinhaut bedingt, findet sich indess nicht allein unmittelbar zunächst der Beinhaut, sondern es begegnet uns dieselbe auch an anderen Stellen wieder.

Man trifft nicht selten durch den Knorpel sich hindurchziehend sehr helle, dünne, mehrfach verästelte Fasern, welche mit den elastischen Fasern übereinkommen, und in ihrer Hauptrichtung meist parallel mit der Beinhaut verlaufen; zwischen ihnen erscheinen die Kerne der Knorpelzellen bald unregelmässig eingestreut, bald in fast regelmässigen Reihen angeordnet. Ein Beispiel der ersteren Art gibt Fig. 2. Taf. III. In der Nähe der Beinhaut finden sich diese Fasern in grösserer Menge als weiter davon entfernt; sie verlaufen bald einzeln, bald zu kleinen Bündeln vereinigt.

Man findet nun aber auch in einer dem eben genannten Verlauf entgegengesetzten Richtung Faserzüge den Knorpel durchsetzend, die von grösserer Wichtigkeit sind. Es kam schon im I. Abschnitt eine eigenthümliche Erscheinung zur Sprache, dass man nämlich in der noch knorpligen Calluskapsel häufig, wenn auch nicht immer sehr deutlich zahlreiche, dieselbe senkrecht durchsetzende und untereinander ziemlich parallele Streifen erkennt, vergl. Taf. I. Fig. 1. f., (welche gegen die innere Peripherie des Callus oft weisse Farbe, Härte, beim Darüberstreichen mit dem Messer Knistern zeigen). Diese Streifen findet man unter dem Mikroskop aus Faserbündeln gebildet, die mit der Beinhaut in der Art in Verbindung stehen, dass die inneren Fasern der letztern umgebogen und zu einem rechtwinklig von ihr entspringenden Faserzug vereinigt erscheinen. Derselbe fällt alsbald durch seine gelbröthliche Färbung unter dem Mikroskop auf; ist dabei bald dicker bald dünner und zeigt noch ferner das Eigenthümliche, dass in seiner nächsten Umgebung die Kerne der Knorpelzellen sehr langgestreckt sind; je weiter dieselben aber davon entfernt liegen, desto mehr verlieren sie diesen Charakter, bis sich endlich wieder sämmtliche Dimensionen dieser Kerne ausgeglichen und sie die gewöhnlich unregelmässig rundliche Form angenommen haben. Auch hier tritt also ganz dasselbe Verhältniss auf, das wir oben zunächst der Beinhaut fanden (Fig. 6. Taf. III.)

Zeitfolge der Verknöcherung in den einzelnen Theilen des Exsudats.

Die eben beschriebenen Faserbündel sind es aber auch gerade, in deren Umfang die Elemente des Knorpels in Vergleichung mit den übrigen Parthieen am weitesten in der Entwicklung voran sind. Hier gerade ist es, wo zuerst jene feinkörnige Ablagerung auftritt, welche, auf den ersten Blick durch ihre dunkle

Farbe auffallend, den Anfang der Verknöcherung bildet. Verfolgt man diese Faserstränge immer weiter na der innern Peripherie des Callus zu, so zeigt sich, je weiter man in dieser Richtung untersucht, desto weit die Umwandlung der Knorpelzellen in Knochenzellen vorgeschritten, und in desto grösserem Umfang ist d Umgebung dieser Stränge in den Verknöcherungsprozess hereingezogen, so dass gegen die innere Oberfläc des Callus hin die Knochenmasse aller dieser Stränge zusammengeflossen erscheint und dadurch eine z sammenhängende knöcherne Lamelle bildet, von welcher aus somit gegen die Beinhaut hin die (in Fig. 1. T I. gezeichneten) dünnen und spitz gegen dieselbe zu endenden Streifen aus derselben Knochensubstanz au laufen. — Das angegebene Verhalten lässt keinen Zweifel darüber, dass diese Faserstränge als nichts ande anzusehen sind, denn als die Scheiden neugebildeter Gefässe.

Da in der Umgebung der Gefässe ein Exsudat durch immer neues Bildungsmaterial die Befähigung e hält, seine Entwicklungsstadien viel rascher zu durchlaufen, als an entlegeneren Stellen, wo die Verhältnis in Bezug auf das Angegebene ungünstiger sind, so erklärt sich daraus, warum gerade an den oben genan ten Stellen zuerst Verknöcherung eintritt. — Es erklärt sich aber vielleicht auch ferner aus der zuvor e wähnten Verschiedenheit der Form der Knorpelelemente, je nachdem sie nämlich in der unmittelbaren Umg bung der Gefässe, oder entfernter davon sich finden, wie auch im fertig gebildeten Knochen, entsprechei dieser Verschiedenheit, gleichfalls an den entsprechenden Stellen eine ganz ähnliche Verschiedenheit in d Form der Knochenkörperchen angetroffen wird. Die Dimensionen derselben sind nämlich nicht bei a len gleich, es zeigen vielmehr in der Regel die um ein Gefäss herumliegenden eine mehr plattgedrückt längliche Form, so dass ihre breiten Flächen gegen das Gefäss einer- und die Peripherie andrerseits g kehrt sind. Auf einem quer durch ein solches Gefäss geführten Schnitt erkennt man die Knochenkörperch in concentrischen Ringen, indem sie, je weiter davon entfernt, desto unregelmässigere Anordnung zeigen u zugleich in ihrer Gestalt sich in der Weise verändern, dass ihre Dimensionen sich immer mehr ausgleiche Es ist also diess dasselbe Verhalten, das wir schon im Knorpel vorgebildet finden. Ueberdiess ist es wah scheinlich, da wir den bedeutenden Einfluss der Nähe der Gefässe auf das umgebende Exsudat anerkenn müssen, dass in der Richtung vorzugsweise Verengerung der Höhlen der Knorpelzellen durch die inkrustiren Flüssigkeit erfolgt, in welcher eben diese letztere ihren Weg nehmen muss, dass also der gegen das Gefä gerichtete Durchmesser der Zellhöhle durch Absetzung von knochenerdiger Substanz immer mehr abnimm wogegen die weiter entfernt liegenden Zellen dem Einfluss des einen Gefässes weniger direkt ausgesetzt sind un durch benachbarte andere Gefässe derselbe in der Art mehr und mehr aufgehoben wird, dass die Ablagerun in die Zellhöhlen von allen Seiten mehr gleichmässig stattfindet, daher im fertigen Knochen die Knoche körperchen an solchen Stellen eine mehr rundliche Form zeigen.

Der Vollständigkeit halber muss nun auch derjenigen Veränderungen noch gedacht werden, dene wir in der Markhöhle gebrochener Knochen begegnen. Es ist darüber wenig zu sagen, zumal da die Callus bildung daselbst, wenn eine solche überhaupt vorhanden ist, im Wesentlichen dieselbe ist, wie ausserhalb de Bruchenden; Abweichungen wurden schon anderwärts berücksichtigt und auch erwähnt, dass sich die Mark substanz mitunter durch die ganze Höhle durchaus gleichmässig und normal zeigt. Hier, wie ausserhalb d Bruchenden zwischen den Weichtheilen, sind die zahlreichen Exsudatkugeln die einzigen Repräsentanten p thologischer Vorgänge.

Substantia intermedia. Am undankbarsten erweist sich die Untersuchung der als Substantia intermedia bezeichneten Masse Dieselbe geht oft allmälig und ohne dass man eine Gränze anzugeben im Stande wäre, in die gesunde Mark substanz über, und diess namentlich da, wo zugleich der innere Callus wenig oder gar nicht entwickelt ist wie diess z. B. bei dem Bruch des einen von zwei neben einander liegenden Knochen vorkommt. Wo si deutlich zu erkennen ist, zeigt sie unter dem Mikroskop in einer unbestimmt körnigen gelblichen Masse vie les Fett in grösseren und kleineren Tröpfchen bald isolirt, bald auf verschiedene Weise gruppirt in zusam menhängenden Reihen und Haufen wie in Fig. 3. Taf. II., sowie die verschiedenen Formen von Exsudatkugel und Blutkörperchen; da und dort findet man in geringer Anzahl Fasern. — Eine Verfolgung der Untersuchun dieser Substanz in verschiedenen Altern gibt keine befriedigenderen Resultate und muss zu der Ueberzeugun führen, dass diese Substanz nichts anders seyn kann, als das Blut, welches im ganzen Umfang der Bruch

stelle, soweit Gefässe zerrissen wurden, sich ergoss, untermischt mit Trümmern von Marksubstanz, wo solche vorhanden, und vielleicht theilweise mit entzündlichem Exsudat der verschiedenen in Entzündung versetzten Theile, mit welchem dasselbe manchfach in Berührung kommen musste, aus dessen Organisation vielleicht das Vorkommen der wenigen Fasern darin zu erklären ist, wenn diese nicht etwa aus der zerrissenen Marksubstanz stammen oder der Organisation des Blutfaserstoffs ihre Entstehung verdanken. —

Diese Deutung der Substantia intermedia erhält um so mehr Wahrscheinlichkeit, da man an denselben Stellen in späteren Zeiten der Heilung eine ähnliche, jedoch dunklere und trockenere Masse wiederfindet, die noch immer ohne organischen Zusammenhang mit den Bruchrändern geblieben ist.

III.

Theorie der Callusbildung.

Nachdem in den vorhergehenden Abschnitten theils von den bis jetzt über die Heilung der Kno-chenbrüche gehegten Ansichten die Rede war, theils eine Reihe neuer direkter und indirekter Untersuchunge über denselben Punkt mitgetheilt wurde, ist es die Aufgabe dieses vorliegenden Abschnittes, die Resultat dieser letzteren als Maasstab für die seitherigen Ansichten anzuwenden.

Obschon es jetzt allgemein angenommen ist, dass die Heilung gebrochener Knochen durch einen Callu geschieht, welcher aus einem Exsudat entsteht, das in Knorpel- und Knochensubstanz sich umwandelt, obscho es jetzt als ausgemacht angesehen wird, auf welche Art diess geschieht, und welches die bei diesem Prozes betheiligten Organe sind, so sind doch die Abweichungen eigener Untersuchungen von den bisherigen s manchfach und so wichtig, dass eine Zusammenstellung dieser Punkte gerechtfertigt erscheinen muss.

Bei Vergleichung der im I. Abschnitt geschilderten Fälle musste sich schon die Ueberzeugung aufdrängen dass seither die verschiedenen Formen, unter denen die Brüche auftreten können, nicht genug auseinande gehalten wurden. Es wurde bei Gelegenheit der Beschreibung derselben darauf hingewiesen, wie diese of auffallenden Verschiedenheiten unter sonst ganz gleichen äusseren Umständen auftreten; es wurde erwähnt dass gerade eine gewisse Gruppe von Fällen unverhältnissmässig häufig auftritt, die keineswegs geeignet erscheint über das Wesentliche des Hergangs Aufschluss zu geben; ja, es kann nicht geläugnet werden, es sind die Fäll geradezu sehr selten, welche diesen zu geben im Stande sind, und es scheinen selbst Fälle, welche die Figg. 3 4. abbildet, noch nicht rein typisch zu seyn [1]). Erwägt man, dass die Knochenbrüche bei Menschen verhält nissmässig selten in einem Zustand zur Untersuchung kommen, wo sie noch geeignet sind, Aufschluss übe den ganzen Hergang zu geben, bedenkt man die mangelhaften Hülfsmittel, der Sache durch Versuche a Thieren auf den Grund zu kommen, bei welchen es kaum gelingt, einen ordentlichen Verband anzulegen un vor Allem grösste Ruhe des Gliedes zu erzielen; — so kann es unter solchen Umständen keine Verwunderun erregen, dass so lange Zeit schon die widersprechendsten Ansichten über diesen Gegenstand herrschten, be sonders wenn man sich noch erinnert, dass oft selbst die Heilung der Brüche per secundam intentionem mi der per primam zusammen geworfen wurde, bis endlich **Dupuytren's** Theorie eines provisorischen und de finitiven Callus die Widersprüche zu vereinigen strebte. Wem erschiene auch dieselbe nicht plausibel, wenn e

---

1) Anmerkung. Bei den Figg. 3. 4. 13. 14. Taf. I. zieht sich durch den noch knorpligen Callus ein feiner Knochenstre parallel der Beinhaut von einem Bruchende zum andern. Bei der sonst so häufig ausgesprochenen Neigung der Brü che, zu wiederholten Malen durch äussere Veranlassung neues Exsudat auftreten zu lassen, kann ich nicht umhi auch diese Fälle als unter gleichem Einfluss entstanden anzusehen, indem ich die innerhalb des Knochenstreifs gele gene Exsudatschichte als die ältere betrachte, über welcher, ehe noch Gefässe in ihr sich zu bilden oder mit de Gefässen der Beinhaut in Verbindung zu treten Zeit fanden, neuerdings eine Exsudatschichte abgelagert wurde, wel che, bei der grösseren Nähe der Ernährungsgefässe der Beinhaut, der älteren Schichte in der Entwicklung voraneile und an der Gränze gegen das ältere Exsudat bereits in Verknöcherung übergehen konnte.

B. die Fig. 22 ins Auge fasst? Und doch dürfen wir, soferne wir Belege für eine andere Art der Entehung solcher Fälle haben, und sofern gewiss ein einziger Fall, wie der, welchen Fig. 3, 4 abbildet, unleich beweisender ist als viele andere, gerade auf Fälle wie Fig. 22 keine Ansicht gründen über den Hergang ı Allgemeinen.

Wir wären bei dieser Sachlage kaum im Stande, mit Bestimmtheit aus dem, was mit blosem Auge chtbar ist, einen Schluss auf die Natur des ganzen Prozesses zu ziehen. Nur die mikroskopische Untersuung konnte uns die Mittel dazu an die Hand geben, nur durch diese wurde es möglich, den Gesichtspunkt ı finden, von welchem aus das vorhandene Material zu betrachten ist, und wurde es möglich, dasselbe zu ndern und das Wesentliche vom Zufälligen zu unterscheiden. Auf den Grund dieser Nachweisungen durch is Mikroskop wurde daher die obige Darstellung der Art des Heilungsprozesses zu Anfang des I. Abschnittes s typisch vorangestellt, von welcher alle andern als durch zufällige Umstände entstandene Modificationen anısehen sind.

Wenn wir nun im Folgenden das durch eigene Untersuchungen gebotene Material und die daraus sich geben:den Resultate mit der bisherigen Theorie der Heilung der Knochenbrüche per primam intentionem zuımmenstellen, so ergeben sich dabei zwei Hauptpunkte, in welchen ich mich gegen die seitherige Theorie ısspsprechen muss, sie betreffen den Ursprung des Callus und seine Bildungsweise. Es stellen sich uns demıach zwei Fragen, die indessen eigentlich zusammenfallen, die aber zweckmässiger abgesondert behandelt erden:

1. Von welchen Theilen geht die Bildung des Callus aus?
2. Ist die Callusbildung als Ein Akt zu betrachten oder ist die Unterscheidung eines provisorischen und definitiven Callus gerechtfertigt?

I.

Ursprung des verknöchernden Exsudats.

Es soll hier zunächst besprochen werden, von welchen Theilen aus die Bildung des Callus eschehe.

Die Ansicht, dass der Callus durch Verknöcherung der den Bruch umgebenden Weichtheile gebildet erde, kann füglich bei der Erörterung dieser Frage übergangen werden, indem die völlige Grundlosigkeit erselben sich aus dem früher Gesagten schon ergibt und in dem Späteren noch deutlicher hervortreten wird. s ist desshalb auch gar nicht nothwendig, dass darauf aufmerksam gemacht werde, wie sehr eine solche nsicht im Widerspruch stehe mit den seitherigen pathologisch-histologischen Erfahrungen, welche uns darüber elehren, dass niemals bereits fertig gebildete Elementartheile in andere überzugehen vermögen. Dass der allus vielmehr nur verknöcherndes Wundexsudat sey, ist aus dem Früheren nicht zu verkennen, und es kann aher nur noch gefragt werden, ob die Masse des verknöchernden Exsudats ihren Ursprung aus den Gefässen es Knochens oder denen der Beinhaut herleitet.

Wenn Miescher sagt: „Maxima cum veri similitudine statuere possumus, materiem inflammatione exudatam ea primum, qua exorta est, in structuram sibi propriam abire: at vero eam semper in superficie ssis veteris in veram cartilaginem osseamque substantiam abire videmus, ut primo etiam ex osse exsudatam sse merito concludere possimus." — so lassen sich gegen diesen Satz gewichtige Gründe geltend machen.

Es erscheint auf den ersten Blick allerdings am ungezwungensten, die neue Knochenbildung vom älteren nochen herzuleiten. Es scheint dafür der Umstand zu sprechen, dass dieselbe zuerst auf dem Knochen erscheint, dass sie so fest mit dem alten Knochen zusammenhängt, dass der Verlauf der Markkanälchen in ihr in derartiger ist, welcher eine Ansicht, es seyen die Gefässe des alten Knochens mit denen der neugebildeten nochensubstanz in ununterbrochenem Zusammenhang und setzen sich unmittelbar in letztere fort, leicht kann ntstehen lassen.

Wenn wir aber annehmen, dass der Knochen das Exsudat liefere, so muss es höchst auffallend erscheinen, dass die von der Beinhaut entblösten Bruchenden in Bezug auf Menge und Ausdehnung der aufge-

lagerten Knochenneubildung sich so verschieden verhalten. Während wir bei fast reinen Querbrüchen d Knochenauflagerung durchweg bis an die Bruchränder sich erstrecken und selbst über diese hinausragen u mit dem aus der Markhöhle kommenden innern Callus zusammenfliessen sehen, sind dagegen bei Brüchen n bedeutender Dislocation namentlich die einander zugekehrten Seiten der Bruchenden oft total frei von al Auflagerung und zeigen eine ganz mit dem normalen Knochen übereinstimmende glatte Oberfläche, währe den leeren Raum zwischen den aneinander vorbeigeschobenen Bruchenden nur eine lockere röthliche Mas ausfüllt. Auf gleiche Weise verhalten sich auch die Bruchenden bei dislozirten Knochen, wenn eines oder d andere durch den Callus hervorragt und in die Weichtheile eingedrungen ist, wo gleichfalls dasselbe auf ei weite Strecke unverändert und frei von aller Auflagerung erscheint.

Es könnte in diesen Fällen der Einwurf gemacht werden, dass bei solchen dislozirten Bruchenden d Beinhaut auch in der Regel auf eine grosse Strecke vom Knochen abgerissen werden muss, dass darum d Ernährung des Knochens, je näher den Bruchrändern, desto mehr Noth leiden, mithin auch die Exsudati neuer Knochenmasse an solchen entlegenen Stellen sehr beschränkt werden muss. Dass man sich diesen Ei wurf gemacht, beweist die Art und Weise, wie die Neueren den knöchernen Callus an den Stellen sich bild lassen, wo die Beinhaut nimmer im Zusammenhang mit dem Knochen steht. Es sollte ja die Substantia inte media dazu bestimmt seyn, zwischen den Bruchenden die Gefässkommunikation herzustellen; erst wenn di geschehen war, sollte sich dort der knöcherne Callus bilden können. Man übersah aber dabei, dass sich zu keiner Zeit die Blutzirkulation in den Bruchenden aufgehört haben kann, indem ja die Capillargefässe dur den ganzen Knochen ein continuirliches Netz bilden und desshalb die Gefässe des Bruchendes stets von d Gefässen des übrigen Theils des Knochens aus angefüllt werden müssen. Beweisend dafür ist die Art d Veränderung, welche die Bruchenden oft schon frühe erleiden, indem ihre Markräume sich erweitern und d kompakte Knochensubstanz immer mehr der spongiösen sich nähert, was doch nur möglich, wenn noch Gefässt tigkeit vorhanden ist. Uebrigens muss ein Blick auf die Taf. I. und die Vergleichung der Fig. 4, wo a grosse Entfernung die Beinhaut losgetrennt ist, aber der Callus sich doch bis an den Bruchrand fortsetzt, z. mit Fig. 16, wo der Callus schon so frühe aufhört, diesen Einwurf gleichfalls zurückweisen und zur Genü zeigen, dass der Grund der Verschiedenheit dieser Fälle irgend ein anderer seyn muss.

Wir sind gewohnt, bei Entzündung der verschiedensten Gewebe Ablagerung des entzündlichen Exsuda überall da zu finden, wo eine solche überhaupt stattfinden kann. Wenn wir annehmen, dass der Callus e Exsudat des Knochens ist, so sind wir berechtigt, auch in der Substanz des Knochens selbst entsprechen Veränderung durch Ablagerung zu suchen. Dass aber eine Veränderung des Knochens durch knochenerdi Ablagerung möglich ist, beweisen die nicht seltenen Fälle von Sklerose derselben, die unter den verschiede sten Umständen vorkommt. Wir finden aber nirgends bei Brüchen eine Sklerosirung der Bruchenden, im G gentheil finden wir sehr frühe schon, ehe noch der Callus verknöchert ist, die Markräume der Bruchend vergrössert und dieselben mehr und mehr den spongiösen Knochen sich nähernd, was auf einen der Entzündu entgegengesetzten Prozess schliessen lässt.

Wenn wir aber immer nur an solchen Stellen Callus finden, wo sich auch die Beinhaut in der unm telbaren Nähe findet, so müssen wir uns zu der Frage veranlasst sehen, ob die Entstehung des verknöche den Exsudats nicht vielmehr in näherer Beziehung zu der Beinhaut stehe? — Um diese Frage zu entscheid und zu gleicher Zeit zu erkennen, ob nicht etwa doch der Knochen das fragliche Exsudat liefern kön müssen wir solche Fälle untersuchen, in welchen nur eines der beiden in Rede stehenden Elemente (Beinha oder Knochen) zur Entstehung eines Callus mitgewirkt haben kann.

Zu diesem Behufe wurden die zweierlei oben beschriebenen Versuche angestellt, die sich gegensei ergänzen, indem in dem einen Versuch der Knochen mit möglichster Schonung der Beinhaut aus dieser he ausgelöst und resezirt, in dem andern Fall dagegen mit Hinterlassung des Knochens die Beinhaut entfer wurde. In dem einen wie im andern Fall fand Knochenneubildung statt, aber mit dem Unterschied, da dort, wo die Beinhaut weggenommen worden war, nur an den den Gelenken zunächstgelegenen Stellen, w die Beinhaut noch zurückgeblieben war, eine Ablagerung neuer Knochensubstanz stattfand, wogegen in de andern Fall, wo die Beinhaut erhalten worden war, der ganze Raum, den das resezirte Knochenstück ei

enommen hatte, durch eine bereits in Verknöcherung begriffene Knorpelmasse ausgefüllt war, und überhaupt as ganze Verhalten mit dem bei Brüchen vorkommenden die grösste Aehnlichkeit hatte. Gerade dieser tztere Fall (Taf. I. Fig. 11.) war es, in welchem man zwischen der innern Oberfläche des, dem Callus der rüche entsprechenden und hier noch grösstentheils aus Knorpelsubstanz bestehenden, Wulstes (a) und dem tern Knochen einen nicht unbedeutenden Zwischenraum (d) erblickt, aber gleichwohl an der innern Wanung dieses knorpligen Wulstes zuerst die Umwandlung des knorpligen Exsudats in Knochensubstanz (c) sieht. - Beide Fälle aber lassen nicht daran zweifeln, dass die Beinhaut eine wesentliche Bedingung für die Bildung s verknöchernden Exsudats ist. — Doch brauchen wir nicht einmal auf künstlichem Wege solche Verhältsse hervorzurufen. Es lässt uns ein anderes Beispiel keinen Zweifel über die wichtige, ja selbst ausschliesscle Rolle der Beinhaut bei Knochenneubildung. Es ist bekannt, dass die Kopfblutgeschwulst bei Neugebornen ch gerade durch Knochenneubildung zu erkennen gibt, welche zuerst in Form des sogen. Knochenrings die wischen Schädel und Pericranium sitzende, durch Bluterguss gebildete Geschwulst umgiebt (ähnlich wie wir eim Callus der Brüche zuerst an der Stelle Verknöcherung auftreten sehen, wo Knochen und Beinhaut noch Berührung miteinander stehen); dass ferner im weiteren Verlauf die Geschwulst ihre weiche Beschaffenheit erliert und beim Druck pergamentartig knittert, was von einer die innere Oberfläche des Pericranium auskleienden dünnen Knochenlamelle herrührt, die also vom Schädel durch das Blutextravasat getrennt ist. Wir kennen hierin also dasselbe Verhalten, wie in dem eben angeführten Fall von Resection des Knochens mit rhaltung der Beinhaut. Hier wie dort konnte nur die Beinhaut das Exsudat geliefert haben, wenn man cht annehmen will, dass von einer kleinen Stelle des Knochens aus längs der ganzen innern Oberfläche der einhaut ein vom Knochen selbst ausgehendes Exsudat hergewachsen sey, was dann nur etwa auf die von etit angenommene Weise geschehen könnte. Doch braucht über die Unhaltbarkeit einer solchen Annahme ein Wort verloren zu werden.

Geht nun aus dem Bisherigen schon hervor, dass wir als einzige Quelle des verknöchernden Exsudats e Beinhaut ansehen müssen, so werden wir uns in dieser Ansicht noch bestärkt fühlen müssen, wenn wir e gleich anzuführenden Thatsachen in Erwägung ziehen, indem durch dieselben hinlänglich bewiesen wird, ss eine Entzündung der Beinhaut wirklich ein verknöcherndes Exsudat liefern kann.

Wir finden in der Leiche nicht selten Auflagerungen zwischen Beinhaut und Knochen, welche auf tzterem fest haften und von der verschiedensten Form und Ausdehnung sind, vom einfachen Osteophyt bis r umfangreichen Exostose. Man findet auf der innern Seite der Beinhaut und namentlich öfters auf der ssern Seite der die Beinhaut vertretenden harten Hirnhaut Knochenproduktionen, die durchaus nicht oder r lose am Knochen haften und nur erst später in innigern Zusammenhang mit ihm treten. Wir sind oft cht im Stande, in der Leiche noch ihre Ursachen nachzuweisen, aber sehr häufig muss man eine gemeinschafthe Ursache derselben anerkennen, d. h. eine solche, welche im Stande ist, Hyperämie oder Entzündung der inhaut hervorzurufen. Man sieht darum an Knochen, welche oberflächlich und unter Geschwüren liegen, teophytbildung auftreten. Daher ist es zu leiten, dass bei veralteten Luxationen, wo der Gelenkkopf die anne ganz verlassen hat, nach und nach eine neue Gelenkpfanne an der Stelle sich bildet, wo der Gelenkpf jetzt aufsteht; die durch beständige Reizung entzündete Beinhaut spielt hier dieselbe Rolle, wie im vozen Fall, und gibt zur Bildung einer wallartig den Gelenkkopf umschliessenden Knochenablagerung Veransung. Dasselbe ist der Fall in der Nähe von Knochenbrüchen, wenn derselbe nur den einen von zwei neben ander liegenden Knochen betrifft. Wir fanden eine Auflagerung von neugebildeter Knochensubstanz auf m unverletzten Knochen und zwar nur sehr beschränkt, nämlich auf der dem gebrochenen Knochen zugehrten Seite. Fälle dieser Art fand ich sowohl unter den von mir künstlich gebrochenen Knochen, als auch verschiedenen, der Züricher Sammlung angehörigen, Präparaten.

Es gelingt überdiess leicht, künstlich eine Ablagerung neugebildeter Knochensubstanz hervorzurufen, ne den Knochen selbst zu verletzen. Brachte ich einen fremden Körper, z. B. kleine Knochenstückchen ischen die Beinhaut und den Knochen, so traf ich bald eine mehr oder weniger umfängliche Knochenubildung im Umkreis, welche den fremden Körper eng umschloss, während sie zugleich fest an dem Knoen haftete, wodurch der feste Körper und Knochen in feste Verbindung unter einander gebracht wurden,

gerade so, wie wir oben mitunter ganz losgerissene Knochensplitter in Callusmasse ringsum eingegossen sahe Es wird hierdurch zu gleicher Zeit die Möglichkeit gezeigt, wie der Callus die Bruchenden eng umschliesse und dadurch vereinigen kann, ohne dass desswegen eine Nothwendigkeit da wäre, dass der Knochen selbst de Callus gesetzt hätte.

Die bisher angeführten Beobachtungen und Versuche zeigen, dass eine entzündete Beinhaut ein ve knöcherndes Exsudat liefert, und dass ein solches Exsudat verschiedene Theile, mit welchen dasselbe in Be rührung tritt, eng umschliessen und dadurch ursprünglich Getrenntes mittelbar verbinden kann. Sie beweise ferner, dass die Knochenenden an einer Bruchstelle kein verknöcherndes Exsudat liefern. Es wird sich dem nach der ganze Heilungsprozess gebrochener Knochen darauf zurückführen lassen, dass die durch Verwundun in Entzündung gesetzte Beinhaut ein verknöcherndes Exsudat liefert, welches die Bruchenden umschliesst un dadurch gewissermassen zusammenlöthet. — Wollte man das Vorkommen des innern Callus gegen meine An sicht als Beweis für die Entstehung des verknöchernden Exsudats aus dem Knochen anführen, so habe ic dagegen einzuwenden, dass das Vorkommen eines innern Callus nicht constant ist. Wäre aber der vom Kno chen gelieferte Callus das wesentliche Moment in der Heilung, so dürfte ein solches unbeständiges Vorkomme des innern Callus nicht gefunden werden. Als Quelle des innern Callus glaube ich die Markhaut annehmen z dürfen, welche das zur Bildung desselben dienende Exsudat in ähnlicher Weise liefert, wie di Beinhaut das Exsudat für den äusseren Callus. — Obige Ansicht wird noch eine sicherere Begründung finde wenn das Verhalten der Theile während der Heilung eines Knochenbruchs mit derselben übereinstimmt. Das die Bruchenden keine, aus einer Entzündung und Exsudation herzuleitende, Veränderung erfahren, wurde gezeig Dagegen haben wir in der früheren Darstellung der Entwicklung der Elemente des Callus gesehen, dass di Beinhaut in der Umgegend des Bruchs in Entzündung versetzt wird. Diese Entzündung charakterisirt sic durch Anschwellung und Röthung derselben. In dem noch nicht vollständig verknöcherten Callus finden w Elementartheile der verschiedensten Alter zu gleicher Zeit nebeneinander, nämlich unbestimmt umschrieben Kerne von Knorpelzellen, bestimmter umschiebene Kerne, junge Knorpelzellen, ältere Knorpelzellen, in Verknöcherun begriffene Knorpelzellen, ausgebildete Knochenelemente. Die weniger entwickelten dieser Elemente liegen der Beinha näher, die weiter entwickelten ferner. Es ist sicher, dass ceteris paribus die weiter entwickelten Elemente auf eine älter Exsudatschichte, die weniger entwickelten auf eine jüngere hinweisen. Wenn wir demnach die jüngere Schichte zunäch der Beinhaut liegen sehen (vergl. Taf. II. Fig. 5, Taf. III. Fig. 6.), so ist der Schluss erlaubt, dass die Beinha die Quelle des Exsudats gewesen, und mit dem Fortschreiten des Exsudats von der älteren Schichte desselbe zurückgedrängt wurde. Auf ähnliche Weise sehen wir auch die jüngeren Epidermisschichten zunächst de Oberfläche der Lederhaut, die älteren entfernter von derselben. — Was diese Meinung noch wesentlich unte stützen muss, ist der Umstand, dass wir an die unentwickeltste Knorpelschichte angereiht eine Schichte vo Exsudat finden, welche in fibroses Gewebe übergeht (vergl. die eben erwähnten Figuren).

Musste ich früher schon die, zu Anfang des I. Abschnittes weitläufiger geschilderte, Reihenfolge in de Bildungsweise des Callus als typisch bezeichnen, weil an dieser Gruppe von Fällen die einfachsten Verhältniss sichtbar sind und keine, wenigstens keine bedeutendere, störende Einflüsse eingewirkt zu haben schienen, s kann ich jetzt, gestützt auf das eben Erörterte, jene Behauptung nur mit grösserer Bestimmtheit wiederhole und muss wiederholt in allen andern Arten der Callusbildung Abweichungen von dem Typus erkenne Durch welche Einwirkung welcher Einflüsse die Entstehung dieser Abweichungen zu erklären sey, ist i Früheren schon dargestellt worden. Ich muss desshalb alle auf solche unreine Fälle gegründeten Ansichte von der Callusbildung als unhaltbar zurückweisen, und es betrifft dieses namentlich die Miescher'sche Fälle.

2.

Gibt es einen provisorischen und definitiven Callus?

Ist ein provisorischer und definitiver Callus zu unterscheiden?

Wenn gleich aus dem in den früheren Abschnitten und zuletzt noch bei Gelegenheit der Erörteru der Frage über den Ursprung des Callus Besprochenen hervorgeht, dass die Callusbildung als Ein Akt anzus

en ist, als das Resultat der durch eine einmalige Gelegenheitsursache hervorgerufenen Entzündung der Beinhaut um die Bruchstelle, — so darf demungeachtet bei der Wichtigkeit des Gegenstandes eine wiederholte espreching dieser Frage nicht unterlassen bleiben und es sollen im Folgenden nur die Punkte noch besoners hervorgehoben werden, welche die Unstatthaftigkeit der Annahme eines provisorischen und definitiven allus ausser allen Zweifel zu setzen im Stand sind.

Wenn wir auf die nähere Erörterung dieser Frage eingehen, so sind es zwei Verhältnisse, auf die abei Bedacht zu nehmen ist, einerseits nämlich überhaupt das Verhalten der Theile, welche bei dem ganzen rozess in Thätigkeit gesetzt werden sollen, andererseits aber die Zeitmomente, in welche die verschiedenen kte zu fallen hätten. — Wir rufen uns zuerst das Verhalten der Organtheile ins Gedächtniss zurück.

Was die Weichtheile betrifft, so fanden wir sie kurze Zeit nach erfolgter Fraktur schon geschwollen nd mit Entzündungsprodukt durchdrungen. Das Mikroskop wies uns daselbst besonders Entzündungskügeln ich, nicht selten bei Splitterbrüchen, Brüchen mit bedeutender Dislocation u.s.w. Blutkoagulum. Wir fanden, ass die Weichtheile (mit Ausnahme der Beinhaut) keine Rolle spielen, welche irgend von Belang wäre, sie ehren frühe schon in den normalen Zustand zurück. Anders verhält es sich mit der Beinhaut; dort fanden ir gleichfalls Verdickung und Röthung. Im Vorhergehenden aber wurde zur Genüge nachgewiesen, einestheils, ass die Beinhaut überhaupt das Exsudat liefert, welches den Callus constituirt, anderntheils, wie sich dieses xsudat organisirt. Wir fanden nämlich, dass sich das Exsudat der Beinhaut theilweise in jene spindelförmien Elemente umwandelt, die in Fasern überzugehen scheinen und so eine Vermehrung der Substanz der einhaut bedingen, dass sich aber ein anderer Theil des Exsudats der Beinhaut in Knorpelgewebe umgestaltet, is weiterhin zu Knochensubstanz wird. Wir sahen, dass die ganze Callusmasse aus diesem Knorpel entsteht, nd dass der später verknöcherte Callus allenthalben von Beinhaut umschlossen ist.

Was nun ferner den Antheil des Knochens an der Callusbildung anbelangt, so sind auch darüber im orhergehenden bei Gelegenheit der Frage über die Entstehung und den Ursprung des Callus die nöthigen otizen gegeben. Eine Erscheinung ganz eigenthümlicher Art aber ist es, die noch bei dieser Heilung der nochenbrüche angenommen wird, nämlich die, dass der Knochen zweimal in Entzündung versetzt werden oll. Angenommen auch, es habe mit der ersten Entzündung seine Richtigkeit, welche also den provisorischen allus bilden hälfe, so muss es doch in der That abentheuerlich klingen, zum zweitenmal — und nothwendig n ein Ziemliches später als das erstemal — ein Auftreten der Entzündung anzunehmen zu einer Zeit, wo och gewiss die Ursache der Entzündung längst aufgehört hat zu wirken. Es sollen nun freilich verschiedene tellen seyn, an welchen zu verschiedener Zeit die Entzündung auftritt: diejenige Parthie der Bruchenden ämlich, die am weitesten von den Bruchrändern entfernt ist, soll sich zuerst entzünden, diejenige dagegen, elche den Bruchrändern zunächst liegt, so wie diese selbst, soll sich erst später entzünden. Da aber die efässcommunication an letzteren Stellen aufgehoben scheint, so sollen sie dadurch in den Stand gesetzt wern sich zu entzünden, dass die Substantia intermedia Gefässe in sich entwickelt und mit den Bruchrändern rwächst, wodurch die Communication dann hergestellt ist. Zugegeben, dass Alles das (Knochenentzündung, erhalten der Substantia intermedia u. s. w.) richtig wäre, woher jetzt wieder eine Entzündung? Denn ohne ntzündung liesse sich doch nicht wohl denken, dass eine plastische Exsudation von einem, dem definitiven allus zugeschriebenen Umfang stattfände. Es stände wohl dieser Fall als der einzige da, dass eine Entzünung eines Theils nach so langer Zeit erst und dann gänzlich ohne neue Veranlassung regelmässig aufträte.

Sollten wir aber auch Alles das zugeben, so begegnen wir jetzt doch wieder neuen Schwierigkeiten. s wurde gleichfalls schon erwähnt, dass beliebige Exsudate, wenn sie sich organisiren, an eine bestimmte ntwicklung gebunden sind und dass aus dem jeweiligen Verhalten derselben gefolgert werden kann, von elchem Alter sie sind. So müsste auch in unserem gegenwärtigen Fall etwas Aehnliches nachzuweisen seyn, nd zwar müsste sich, zufolge der Annahme eines entzündlichen Exsudats von Seiten der Bruchenden, das ch gleichfalls wie das frühere, schon organisirte, in Knochensubstanz umgestalten soll, — auch hier eine em Alter parallel gehende Verschiedenheit der beiden Exsudate von verschiedenem Datum aufzufinden seyn, y es in Bezug auf Farbe, Härte, Textur oder dgl., sowie eine Gränze zwischen beiden, was Rokitansky nd Miescher auch wirklich annehmen. Dies müsste um so eher der Fall seyn, da schon am dritten Tag

zunächst auf dem Knochen Verknöcherung des Exsudats zu finden ist, welches doch jedenfalls um die Ze des allenfallsigen Erscheinens des definitiven Callus schon die dem Knochengewebe noch zukommenden Verän derungen, von denen oben die Rede war, zum grössten Theil müsste durchgemacht haben und also für d Unterscheidung von dem noch jungen Exsudat des definitiven Callus keine Schwierigkeit bieten könnte. - Ich gestehe aber, dass ich niemals Gelegenheit hatte, solche Unterschiede wahrzunehmen, so viele Fälle ic auch aus allen Stadien der Heilung untersuchte; es sey denn, dass man vorzöge, trotz der angeführt Gründe für die daselbst ausgesprochene Deutung, einige der oben beschriebenen Fälle dahin auszulegen, wa jedoch nur geschehen könnte, wenn man die in den übrigen Untersuchungen gefundenen Thatsachen ignoi ren wollte.

Wenn es einmal um den Antheil des Knochens an der Callusbildung sich handelt, so ist auch e Hauptgegenstand für die Aufmerksamkeit das Verhalten der Bruchenden und Bruchränder. Kommt nun an de angegebenen Stellen und auf die angegebene Weise, also durch Vermittlung der Substantia intermedia, ein zwei Callus zu Stande, so müssen sich bei einigermassen vorgeschrittener Heilung die Bruchenden überall entwed in eine neugebildete Knochenmasse eingewachsen finden, oder aber noch einen fest mit den Bruchrändern ve wachsenen Knorpelüberzug besitzen. — Ich fand das Erstere öfters, indem die Bruchenden in eine bis unt die Beinhaut sich gleichmässig zeigende neue Knochenmasse wie eingegossen waren. Wenn aber eben aus di ser Gleichförmigkeit des Callus geschlossen werden muss, dass er nicht aus verschiedenen Zeiten stamme konnte, dass es daher, wenn man der Theorie eines provisorischen und definitiven Callus huldigt, der prov sorische oder frühere Callus seyn müsste, wo sollte sich der für die Heilung doch unerlässliche definiti Callus bilden, ohne dass der vorige weggedrängt würde, was doch auch nicht denkbar; wäre es aber auc so träte doch wieder der obige Einwurf auf, dass sich denn doch wieder zwischen älterem und jüngerem Ca lus eine Gränze zeigen müsste. — Aber es sind durchaus nicht überall die Bruchenden auf die für diese A sicht von einem doppelten Callus nothwendig anzunehmende Weise in das verknöcherte Exsudat wie eingego sen, dieselben finden sich gegentheils nicht selten durchaus unverändert und selbst noch zu einer Zeit, w schon grössere Markräume in dem (vorläufig als provisorisch angenommenen) Callus aufgetreten sind; es w ren in manchen Fällen die äussersten Bruchenden und Bruchränder noch in demselben Zustand zu finden, de andere in den ersten Tagen nach geschehener Fraktur zeigten, frei von aller Auflagerung, mit glatter, glä zender Oberfläche und scharfen, zackigen Rändern.

Miescher sagt: »Densitas autem atque durities telae osseae impedit, quo minus materies exsudat in interstitiis telae, uti in partibus mollibus fit, congerantur; unde ossa in inflammationibus acutis non tum fiunt, sed eorum superficies externa et interna materiis exsudatis obfunditur.« Wir sahen nun früher, da der innere Callus in seiner Bildung dem äusseren voraneilt, dass frühzeitig, selbst ehe der äussere Callus noc ganz in Knochensubstanz umgewandelt ist, bereits dem alten Knochen zunächst grössere Markräume in den selben auftreten oder derselbe schon fast ganz verschwunden ist. Wenn nun aber in Folge der durch d Substantia intermedia hergestellten Gefässcommunication entzündliche Exsudation zunächst den Bruchränder erfolgen soll, so ist doch nicht einzusehen, warum nicht gegen die Markhöhle hin die Bruchenden gleichfal Exsudat schicken, da es doch hier eben nicht an Raum gebräche. Einen Nachschub von Knochenablagerun konnten wir zwar gleichfalls in einzelnen Fällen finden, aber mit dem Unterschied, dass der neuere, inner Callus dann immer weiter von den Bruchrändern entfernt auftrat, als der frühere, da doch ein dem definit ven Callus entsprechender zweiter, innerer Callus natürlich näher den Bruchrändern zum Vorschein komme müsste, als der frühere. Es waren diess Fälle, bei denen alle Umstände darauf hinwiesen, dass wiederholt Gewaltthätigkeiten die Beinhaut neuerdings in grösserem Umfang als früher losgerissen hatten, auf welch Veranlassung hin ausserhalb und innerhalb der Bruchenden wiederholte Exsudation erfolgte. Uebrigens wurd schon mehrfach erwähnt, dass der innere Callus überhaupt keineswegs beständig, also auch nicht wesentlic für den Heilungsprozess ist.

Nachdem wir über die Betheiligung der Weichtheile und des Knochens an der Bildung des provisor schen und definitiven Callus gesprochen, bleibt uns noch übrig, von der Substantia intermedia ein Wort z reden. Sie ist es, die bei der Annahme eines provisorischen und definitiven Callus eine Hauptrolle spielt, a

die ja das Zustandekommen des definitiven Callus geknüpft ist. Dieselbe soll bekanntlich um die Bruchenden da sich finden, wo dieselben von der Beinhaut entblöst sind. Sie soll Gefässe entwickeln, welche an den eben erwähnten Stellen in Verbindung treten mit den Gefässen des Knochens, der dadurch befähigt werde, eben an diesen Stellen Exsudat zu liefern, welches den definitiven Callus bilde. — Wenn die Substantia intermedia diese wichtige Rolle spielt, so muss sie sich vor allen Dingen auch bei jedem Bruch finden. Der genauesten Untersuchung gelingt es aber oft nicht, eine mit diesem Namen bezeichnete Materie nachzuweisen. In manchen Fällen fand ich die Bruchenden in eine gleichmässige Knochenmasse eingesenkt, welche brückenartig beide Bruchenden verband, während die Marksubstanz, häufig ohne irgend eine Spur von Veränderung in Farbe, Consistenz, durch die beiden Bruchstücke hindurch in ununterbrochenem Zusammenhang stand und selbst oft keine Spur eines innern Callus aufzufinden war. — Gehen wir aber auf die Zusammensetzung der als Substantia intermedia bezeichneten Substanz ein, so scheint damit von Anfang an, sobald überhaupt von ihr als einem wesentlichen Theil die Rede war, kein bestimmter Begriff verbunden worden zu seyn. Sie wurde für extravasirtes Blut bald aus der Markhöhle, bald den Bruchenden, bald den Weichtheilen angesehen, oder sollte sie aus extravasirtem Blut und Exsudat der Weichtheile bestehen, oder entzündliches Product aus der Markhöhle seyn u. s. w. Sie sollte eben im Verlauf der Heilung Gefässe in sich entwickeln und diese sollten in Verbindung mit den Gefässen der Bruchenden treten, soweit letztere von Beinhaut entblöst waren; später sollte sie ligamentose Structur annehmen und über kurz oder lang durch den neuen oder definitiven Callus weggedrängt, resorbirt werden, da man sie früher oder später nicht mehr findet. — Schon die früher gegebene mikroskopische Analyse kann nicht geeignet seyn, dieser Ansicht Belstimmung zu verschaffen. Zudem aber ist es allenthalben, wo sich eine der Substantia intermedia entsprechende Masse findet, sehr leicht, dieselbe zwischen den Bruchenden herauszunehmen; wäre Gefässcommunication vorhanden, so würde sich wohl irgend welcher Widerstand beim Herauslösen zeigen und es sollte sich doch erwarten lassen, dass man dabei da und dort kleine Blutpunkte auftreten sähe; es müsste mir unter den vielen untersuchten Fällen doch Einmal wenigstens gelungen seyn, das Stadium zu finden, wo die Substantia intermedia ihre ligamentose Struktur schon angenommen hätte; — von allem dem war nirgends eine Rede. — Bei der Rolle, die man der Substantia intermedia zugetheilt hat, dürfte sich wohl auch keine Stelle der Bruchenden mehr frei von Knochenauflagerung finden, mit welcher die Substantia intermedia in Berührung stand. Auch diess ist nicht der Fall; im Gegentheil findet man bei Brüchen, bei welchen der Callus schon grössere Markräume zeigt, (wo also wohl kein neuer Nachschub von Knochenablagerung zu erwarten steht, und zwar besonders bei solchen Brüchen, welche mit bedeutender Dislokation heilen,) oft nicht unbeträchtliche Strecken der Bruchenden, welche keinen Ueberzug von der Beinhaut mehr hatten, vollständig frei von aller Auflagerung; namentlich findet man die Bruchränder oft fast bis zu dem Zeitpunkt, wo keinerlei auffallende Veränderungen mehr im verknöcherten Callus eintreten, noch unverändert und noch gerade so scharf und zackig als bei frischgebrochenen Knochen, da doch gerade an diesen Stellen in Folge einer eingetretenen Gefässverbindung am ehesten neue Knochenmasse zu erwarten ist. —

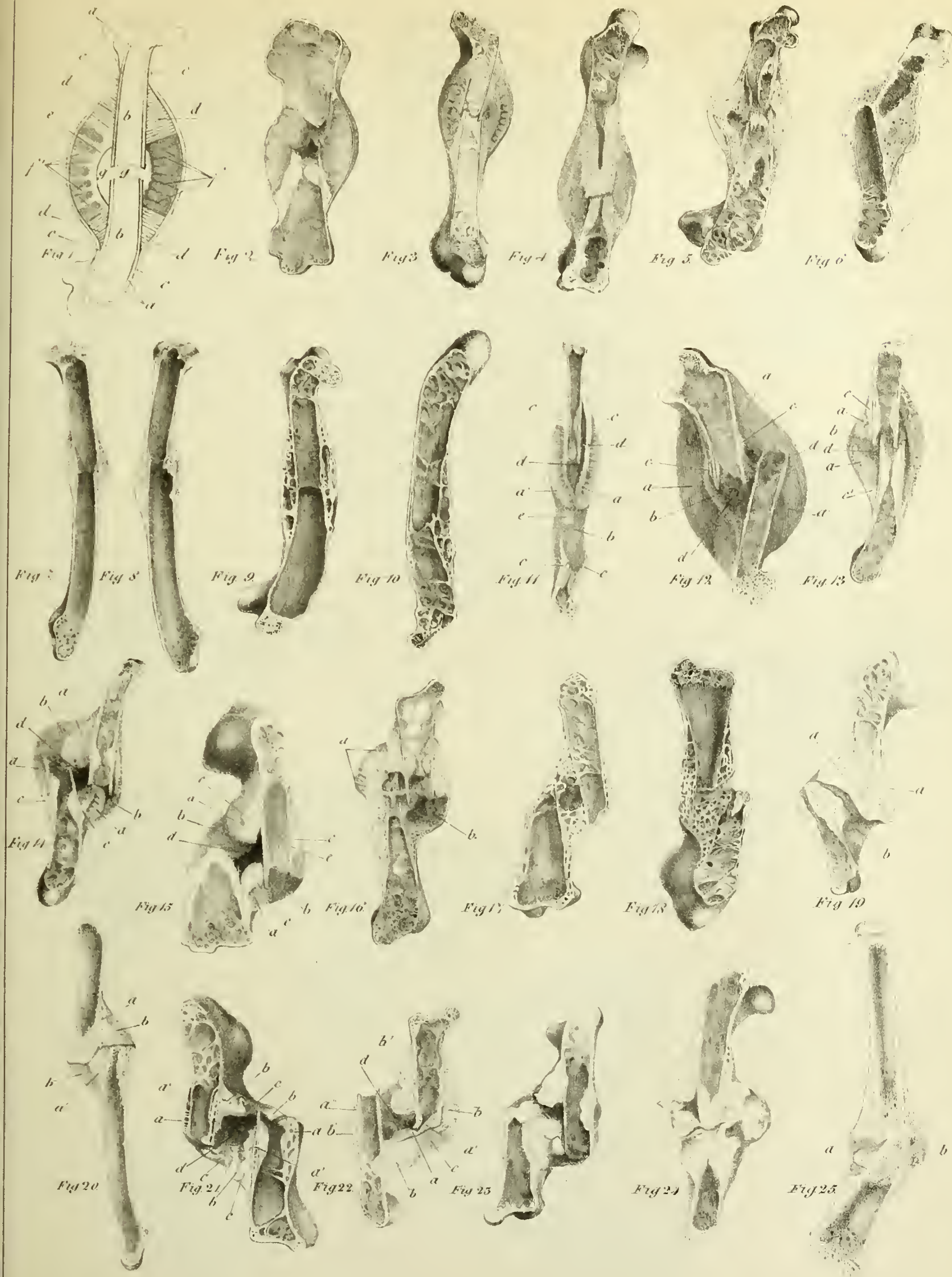
Wenn sich dem Bisherigen zufolge bei der Vergleichung der Miescher'schen Untersuchungen mit jenen bedeutende Abweichungen in Bezug auf die Art der Callusbildung ergeben, wenn wir uns dadurch genöthigt sehen müssen, die Annahme des Zustandekommens der Heilung der Knochenbrüche durch einen provisorischen und definitiven Callus aufzugeben: so sehen wir eine solche Theorie auch einer ferneren Stütze noch dadurch beraubt, dass die Zeitverhältnisse, in welchen die verschiedenen Veränderungen zum Behuf einer doppelten Callusbildung vor sich gehen sollen, gleichfalls im Widerspruch mit der Natur stehen. Einige wenige, wenn auch früher schon gelegentlich erwähnte, Punkte mögen genügen diess nachzuweisen.

Resorption der Masse eines Gebildes darf wohl nicht als Symptom einer Entzündung derselben angesehen werden, indem die nächste Folge der Entzündung eine Exsudation und daraus erfolgende Verdichtung des Gewebes, bei Knochen demnach Sklerose ist. Es müsste also zu der Zeit, in welcher die Bildung des definitiven Callus beginnt, eine Verdichtung des Knochengewebes an den Bruchrändern wahrzunehmen seyn, um einen Schluss auf eine Entzündung desselben zu rechtfertigen. Die angegebene Zeitperiode fällt aber etwas später, als der Beginn der Verknöcherung des provisorischen Callus, und soll von diesem Moment an eine ge-

wisse Zeit lang hindurch fortdauern. In der Periode demnach, in welcher die Verknöcherung der früher beschriebenen knorpligen Kapsel vorwärts schreitet, müsste man eine Sklerose der Bruchenden oder andere Entzündungssymptome in denselben wahrnehmen. Es ist aber aus dem Früheren bekannt, dass diess nicht nur nicht der Fall ist, sondern dass sogar schon in einer sehr frühen Periode, in welcher die Verknöcherung der knorpligen Kapsel kaum begonnen hat, sehr deutlich Resorption und daher rührende Erweiterung der Markräume im Innern der Bruchenden wahrzunehmen ist, also eine der Entzündung gerade entgegengesetzte Erscheinung.

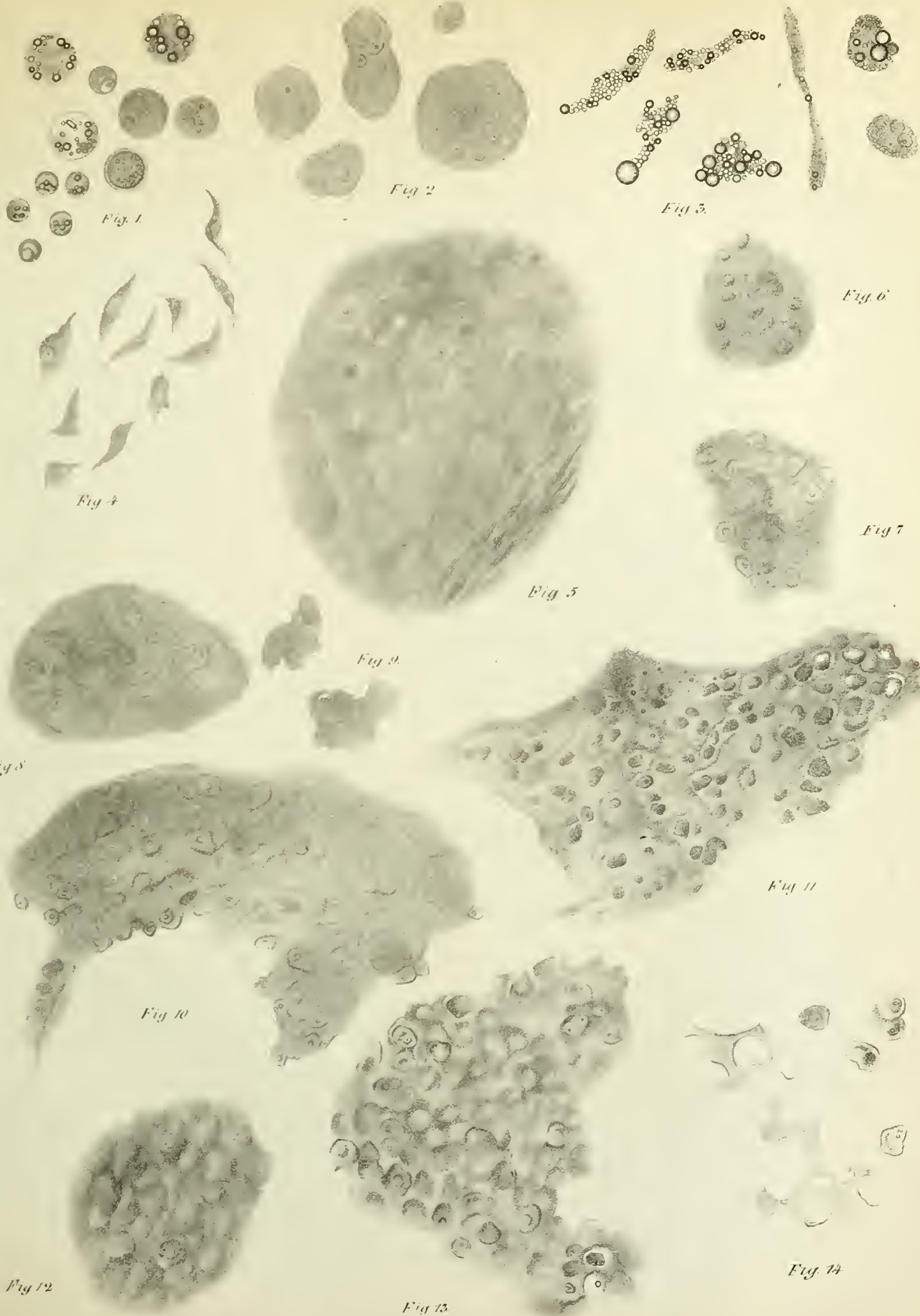
Ferner soll, während in den Weichtheilen, insbesondere aber auf der innern Oberfläche der Beinhaut entzündliches Exsudat abgelagert wird, das sich in ein zellig-fibröses Gewebe umwandeln soll, (unter welch letzterem aber nichts Anderes gemeint seyn kann, als das in Knorpel- und Knochensubstanz sich umwandelnde und so den Callus bildende Exsudat der Beinhaut,) gleichzeitig das Markgewebe Antheil an der Entzündung nehmen, als deren Produkt sich die Substantia intermedia darstelle. — Ich habe aber niemals ein solches spätes Auftreten einer als Substantia intermedia zu deutenden Masse gefunden, sondern habe vielmehr als eine so zu deutende Substanz in der ersten Zeit nach dem Bruch vor und während der Bildung der knorpligen Kapsel eine Substanz gefunden, welche, wie die frühere Untersuchung lehrt, Blutkoagulum war, welchem Entzündungsprodukte in verschiedenem Verhältniss beigemengt waren. Weit entfernt, diese Substanz, welche nur anfangs und zwar fast unmittelbar schon nach erfolgter Fraktur an den Bruchrändern lose klebend gefunden wird, in organische Verbindung mit letzteren treten zu sehen, findet man im Gegentheil je länger desto weniger einen Zusammenhang zwischen ihr und den Bruchrändern.

Auf alle diese Gründe gestützt, wiederhole ich desshalb, dass ich die Ansicht, als ob der am Schluss der Heilung vorhandene Callus aus verschiedenen, zu verschiedenen Zeiten und auf verschiedenem Wege entstehenden Elementen gebildet werde, nicht theilen kann und mich vielmehr dahin aussprechen muss, dass der nach vollendeter Heilung vorhandene Callus nur das in Einem Akte gelieferte, zu Knochen organisirte Exsudat einer traumatischen Periostitis sey.



gez. von A. Voetsch

Lith. v. A. G[illegible] in Zürich.



A. Felsch · lith. Grimm Leipzig

Taf III



Fig 1



Fig 2



Fig 3

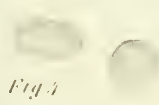


Fig 4



Fig 5

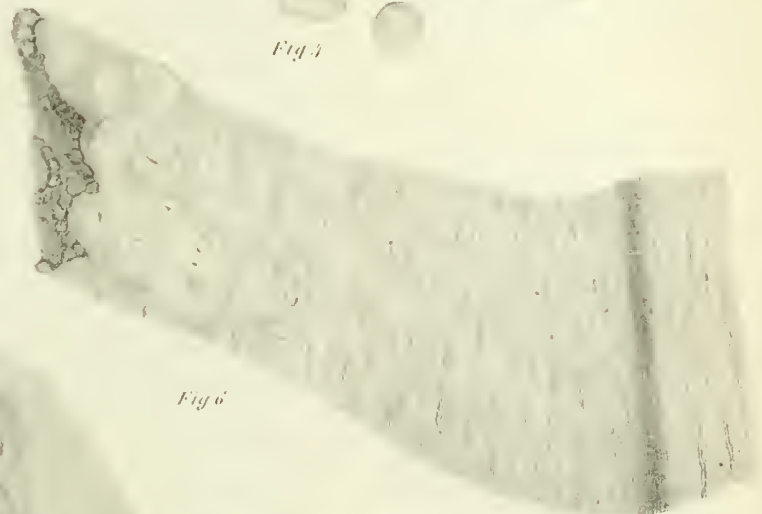


Fig 6

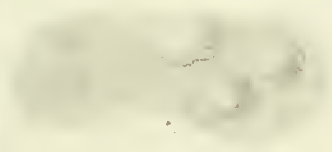


Fig 7

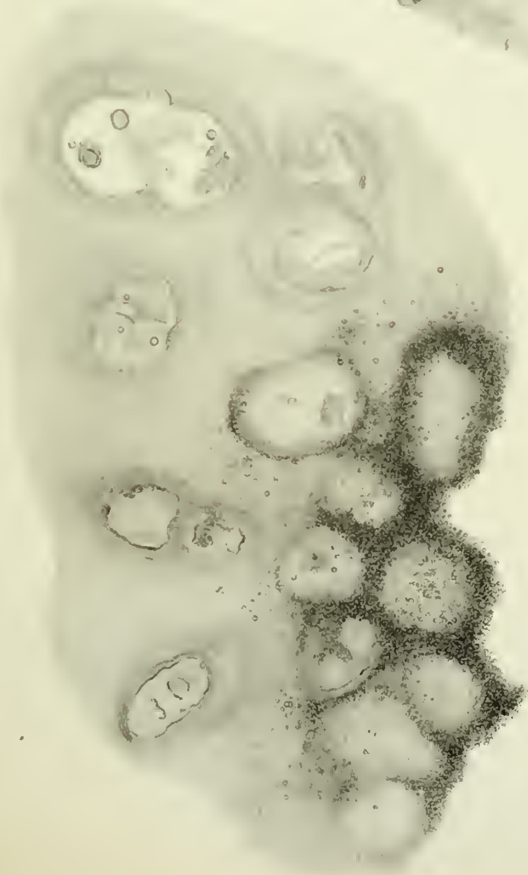


Fig 8



Fig 9.

Fig. 1



Fig. 2

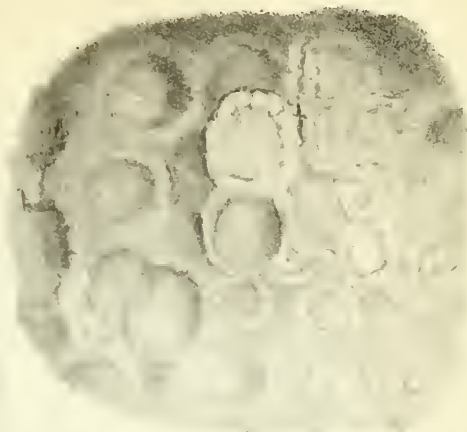
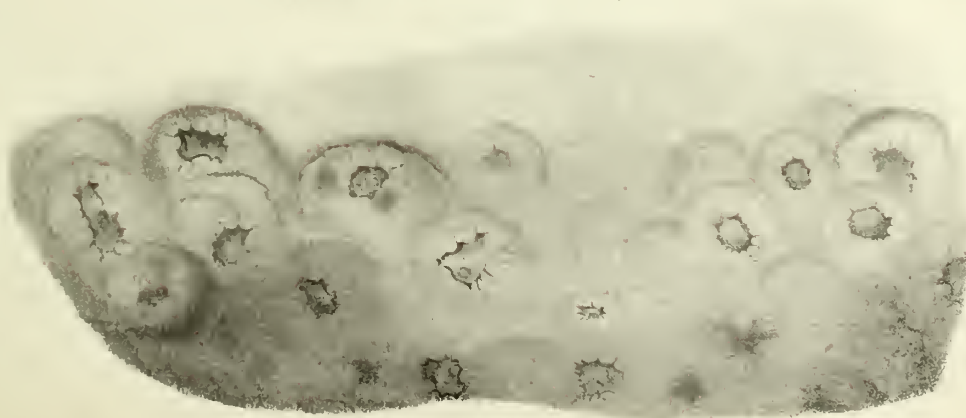


Fig. 3



Fig. 4



gez. v. A. Voetsch

lith. Grimminger